äfte.

chen
äfte.

II.

Naturkräfte

6. Band.


DIE NATURKRÆFTE.
CARL. DIE ELECTRISCHEN NATURKRÆFTE.
MÜNCHEN.
RUDOLPH OLDENBOURG.

Naturkräfte.

VI.

Die

electrischen Naturkräfte

der Magnetismus, die Electricität und der galvanische Strom

mit ihren hauptsächlichsten Anwendungen

gemeinfaßlich dargestellt

von

Prof. Dr. Carl

in München.

Mit 110 Holzschnitten.

München.
Rudolph Oldenbourg.
1871.

Inhalt.

---

1. Der Magnetismus.

Wer von unseren Lesern hat sich nicht in seiner Jugend mit Vorliebe mit den Märchen von „Tausend und eine Nacht" beschäftigt?

Wer hat nicht damals mit Staunen die Geschichten von dem merkwürdigen Vogel Rock, den großen Diamanten und den gewaltigen Magnetbergen gelesen, welche schon in beträchtlicher Entfernung den Schiffen die Nägel auszogen.

Wenn nun freilich solch' fabelhafte Magnetberge nie auf der Erde existirt haben, so steht doch die Thatsache fest, daß es auch jetzt noch gewisse Eisenerze gibt, welche die eigenthümliche Eigenschaft besitzen, gewöhnliches Eisen an sich heranzuziehen. Es war diese Erscheinung schon im Alterthume bekannt und da solche Eisenerze in der kleinasiatischen Landschaft Heraclea und insbesondere in der Nähe von Magnesia, der Hauptstadt dieser Landschaft, gefunden wurden, so nannte man ein Stück Eisenerz, welches die genannte Eigenschaft, weiches Eisen anzuziehen, besaß, einen heracleischen Stein oder Magneten.

Viel mehr als diese Thatsache wußten jedoch die Alten nicht vom Magnetismus, und auch von den großen Kenntnissen der Eigenschaften des Magneten, welche mehrfach den Chinesen und Aegyptern zugeschrieben wurden, findet man wenigstens in den uns überlieferten Quellen nur wenig constatirt.

In der That können wir uns darüber gar nicht wundern, wenn wir bedenken, von wie wenigen augenfälligen Aeußerungen die magnetische Kraft, obwohl sie über der ganzen Erdoberfläche sich äußert, begleitet ist. Im Gegentheile müssen wir es einem bloßen Zufalle zuschreiben, daß man eine ihrer Eigenschaften, nämlich diejenige, daß ein frei aufgehängter Magnet durch sie eine bestimmte Richtung erfährt, schon zu einer Zeit kennen lernte, in welcher wissenschaftliches Streben ganz in der Kindheit lag. Sind doch noch Jahrhunderte verflossen, bis diese Entdeckung eine scheinbar naheliegende Anwendung in der Schifffahrt erhielt und damit eine weitere Ausbildung durch die Herstellung des Compasses erfuhr.

Man schreibt die Erfindung des Compasses häufig genuesischen Seefahrern zu und setzt sie ins zwölfte Jahrhundert; allein schon im elften Jahrhunderte kannten die nordeuropäischen Völker die Eigenschaft des Magnetsteines: eine bestimmte Richtung anzunehmen.

Es erzählt uns nämlich Are Frode, ein Schriftsteller, welcher am Ende des elften Jahrhunderts lebte, in seinem Werke über die Entdeckung Islands, daß Floke Vilgerdarson, der dritte Entdecker der Insel, ein berühmter Viking oder Seeräuber, etwa im Jahre 868 von Rogaland in Norwegen auszog, um Gardarsholm, d. i. Is-

land aufzusuchen. Er nahm drei Raben mit sich, welche zu Wegweisern dienen sollten, und um sie zu diesem Gebrauch einzuweihen, veranstaltete er im Smörsund, wo das Schiff segelfertig lag, ein großes Opfer, denn damals hatten die Seefahrer keinen „Leidstein" (d. i. wegweisenden Stein, Magneten) in den nördlichen Ländern.

Diese Stelle beweist also, daß am Ende des elften Jahrhunderts, wo Are Frode sein Werk verfaßte, in Norwegen der Magnet als Wegweiser zur See angewendet wurde. Der Schluß der Stelle läßt sogar annehmen, daß diese Anwendung in den südlichen Ländern Europa's schon früher bekannt war.

Im Jahre 1600 trat der englische Arzt Gilbert mit seinem Werke: „De magnete magneticisque corporibus" (Ueber den Magneten und die magnetischen Körper) in die Oeffentlichkeit und wurde dadurch der eigentliche Begründer einer systematischen Lehre vom Magnetismus; es sind in diesem Werke nämlich die Haupteigenschaften des Magneten bereits mit großer Klarheit entwickelt.

Schon Gilbert unterscheidet zwischen natürlichen und künstlichen Magneten. Die natürlichen Magnete sind die oben erwähnten Eisenerze, welche von Natur aus, sobald sie zu Tage gefördert sind, magnetische Eigenschaften besitzen; die künstlichen Magnete sind Stahlstücke, welchen diese Eigenschaften durch verschiedene Verfahrungsweisen, die wir später besprechen werden, erst ertheilt werden müssen. Natürliche und künstliche Magnete besitzen also genau die gleichen Eigenschaften — wir wollen uns damit etwas näher beschäftigen und können die Fun-

damentalerscheinungen vermittelst Experimente erläutern, die Jeder unserer Leser leicht zu wiederholen im Stande ist.

Nimmt man einen Magneten und ein Gefäß voll von Eisenfeilspähnen, taucht man den Magnet sodann in die Feilspähne, so werden diese daran hängen bleiben; allein wenn wir den Magnet in den Feilspähnen herumgewälzt haben und nun herausziehen, so zeigt sich, daß dieselben nicht an allen Stellen in gleicher Anzahl hängen geblieben sind. Hat der Magnet z. B. die Form eines Prismas oder Cylinders, so zeigt sich (Fig. 1), daß an

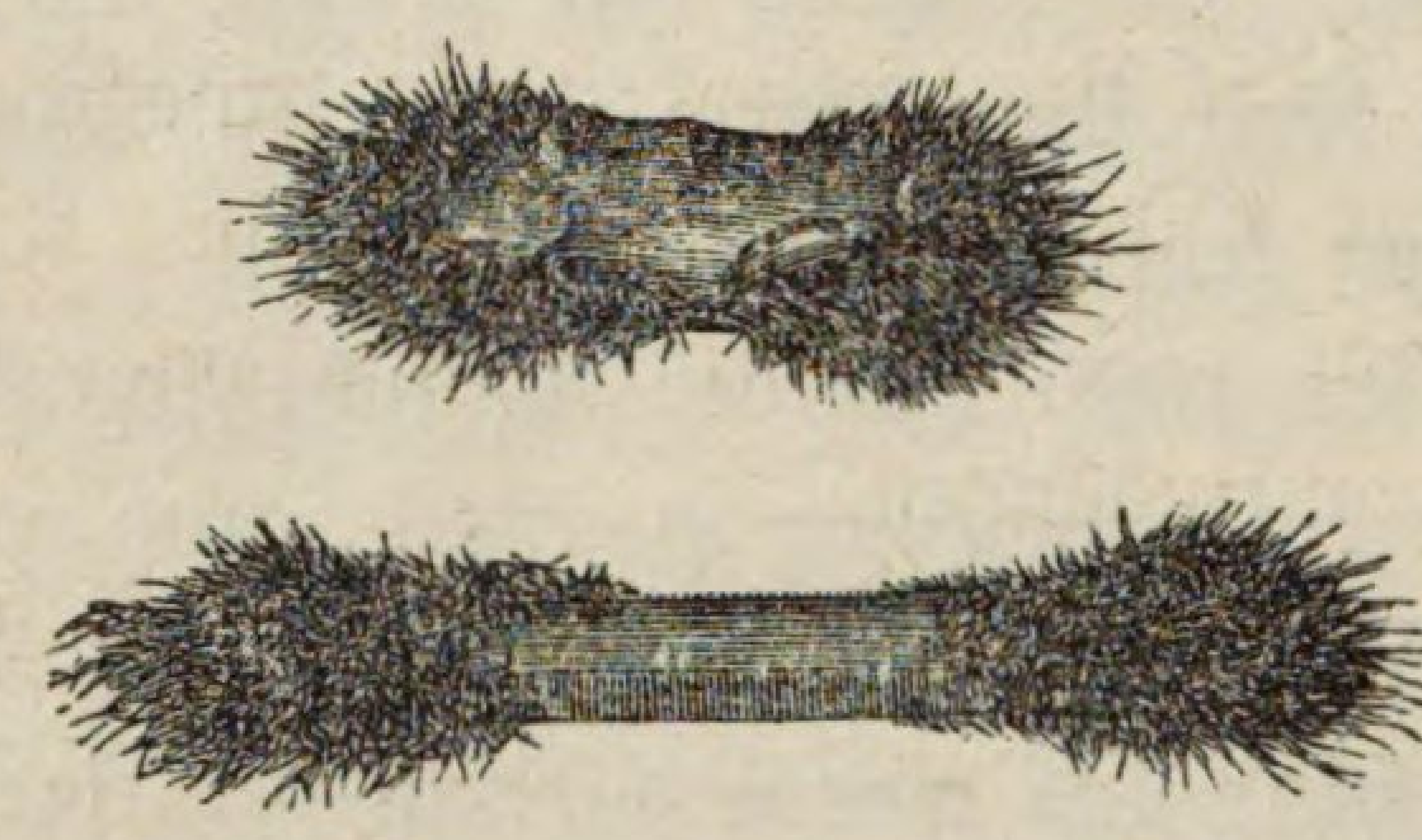


Fig. 1.

den Enden sehr viele Feilspähne anhängen, während man in der Mitte gar keine Feilspähne sieht; man hat deshalb die Enden eines solchen Magnetstabes die Pole desselben genannt.

Die Alten kannten bereits das Vorhandensein der Pole, man betrachtete jedoch dieselben blos als Anziehungspuncte und hielt die beiden Pole für gleichbedeutend.

Die Erfahrung führte aber im Verlaufe der Zeit zu der merkwürdigen Entdeckung, daß beide Pole sehr verschieden sind, wenn gleich ein jeder derselben die Eigenschaft besitzt, das weiche Eisen anzuziehen.

Bringt man ein Stückchen Stahl, etwa eine Nähnadel, mit dem einen Pol eines starken Magneten in Berührung, so wird die Nadel selbst ein Magnet, was man daran erkennt, daß sie, in Eisenfeilspähne gelegt, die so eben beschriebene ungleiche Anlagerung von den Polen nach der Mitte hin zeigt. Bringt man aber nun die Nadel in der gleichen Lage an den anderen Pol des Magneten hin, so wird sie abgestoßen.

Man ersieht schon hieraus, daß die beiden Pole eines Magneten eine verschiedene Wirkung ausüben; bevor wir aber diese Ungleichheit näher präcisiren können, müssen wir vor Allem die Mittel näher in's Auge fassen, welche man bisher angewendet hat, um einen Magneten frei beweglich aufzuhängen.

Im Mittelalter ließ man, um eine freie Beweglichkeit im horizontalen Sinne zu erlangen, eine magnetisirte Nähnadel auf Wasser schwimmen. Um dabei das Untersinken der Nadel zu verhindern, legte man dieselbe auf kleine Schiffchen von Holz oder Kork oder man steckte sie in einen Strohhalm und legte das Ganze dann behutsam auf das Wasser.

Später hat man magnetisirte Stahlstäbchen — sogenannte Magnetnadeln — in der Mitte mit einer Art Hütchen von Stahl oder einem harten Steine — gewöhnlich Achat — versehen und dasselbe auf eine feine Stahlspitze aufgesetzt (Fig. 2). Wo es sich nun um ganz feine Versuche handelt, bringt man am Magnet oben in der Mitte ein Häckchen an und hängt ihn daran mittelst eines ganz feinen Drahtes oder Fadens — in der Regel mittelst eines Coconfadens — auf. Vor einigen Jahren

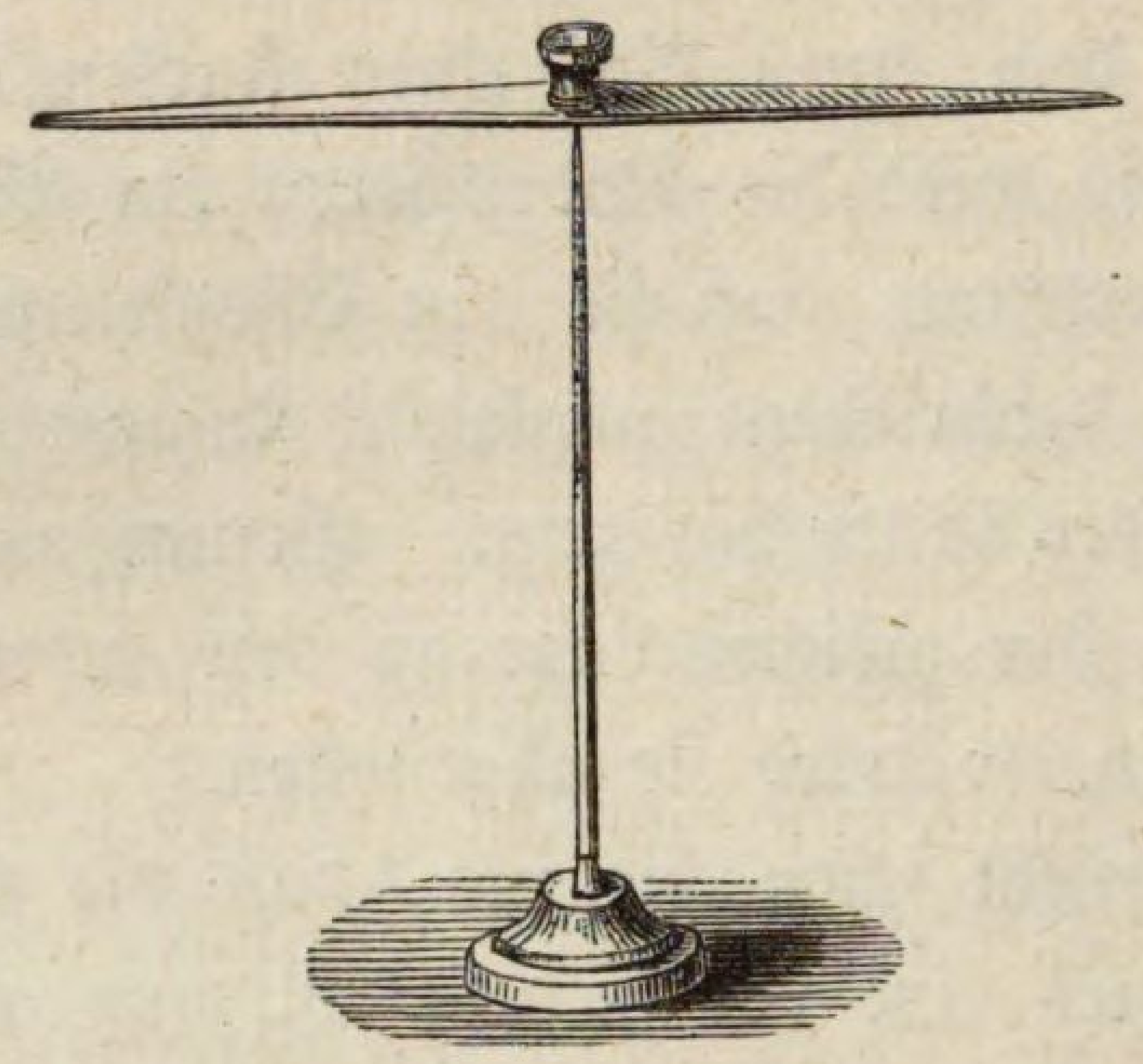


Fig. 2.

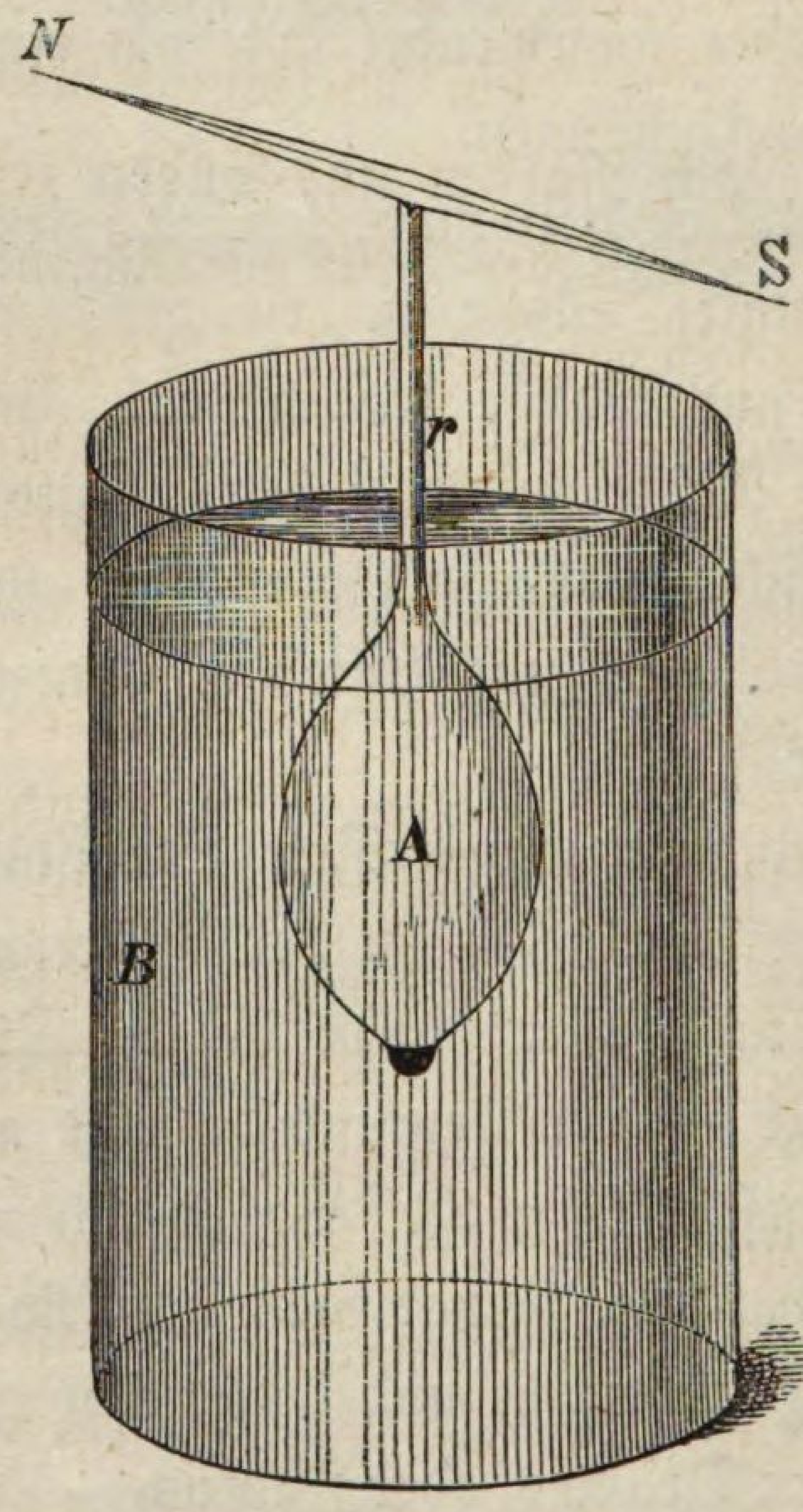


Fig. 3.

hat Lamont noch eine andere Aufhängungsweise für Magnetnadeln erdacht, welche man wohl am geeignetsten die hydrostatische Aufhängung nennen kann (Fig. 3). An einem eiförmigen Glasgefäße A ist oben eine enge Glasröhre r angebracht, auf welche die Magnetnadel N S aufgesetzt wird. Bringt man das Ganze in ein Gefäß B voll Wasser, so schwimmt es in demselben und der Magnet erhält eine ungemein leichte Beweglichkeit.

Macht man nun eine Magnetnadel auf irgend eine der angegebenen Arten frei beweglich, so wird dieselbe eine bestimmte Lage gegen die Himmelsgegenden einnehmen, in welche sie immer wieder zurückkehrt, wie oft sie auch daraus entfernt werden mag. Man glaubte anfänglich, daß eine solche horizontal bewegliche Magnetnadel genau nach Norden und Süden zeige. Allein dies ist nicht ganz genau der Fall; die Richtung der Magnetnadel — der sogenannte magnetische Meridian — weicht von der wahren Nord-Süd-Richtung — dem astronomischen Meridiane — an den meisten Orten der Erde mehr oder weniger ab. Man nennt diese Abweichung die magnetische Declination oder auch kurzweg Abweichung und drückt dieselbe in Winkelmaaß, d. h. in Graden und Minuten aus.

Wir wollen nun zu der oben verlassenen Frage über die Verschiedenheit der Magnetpole zurückkehren. Nehmen wir zwei auf Spitzen bewegliche oder zwei hydrostatisch aufgehängte Magnetnadeln und stellen wir dieselben in großer Entfernung von einander auf, so wird jede Nadel sich in die Richtung des magnetischen Meridianes einstellen. Anders gestaltet sich die Sache, wenn wir die

beiden Magnete in eine geringe gegenseitige Entfernung bringen.

Nähern wir nämlich die beiden Magnete einander der Art, daß der nach Süden zeigende Pol, den wir der Tradition zufolge den Südpol nennen wollen, der einen Nadel in die Nähe des nach Norden zeigenden Poles, des Nordpoles, der anderen Magnetnadel zu stehen kommt, so ziehen sich der Nordpol und der Südpol der beiden Nadeln an, was sich sogleich dadurch kundgibt, daß die beiden Pole sich gegeneinander hinbewegen. Bringt man dagegen die beiden Magnetnadeln in eine solche gegenseitige Lage, daß der Südpol der einen Nadel in die Nähe des Südpoles der anderen Nadel zustehen kommt, so entfernen sich die beiden Südpole von einander — Südpol und Südpol stoßen einander ab.

Das gleiche Resultat erhält man, wenn man den Nordpol der einen Nadel dem Nordpole der anderen Nadel nahe bringt; die beiden Pole bewegen sich von einander weg, stoßen sich also gleichfalls ab. Die Resultate dieser Versuche lassen sich in den Satz zusammenfassen: *Gleichnamige Magnetpole stoßen einander ab, ungleichnamige Magnetpole ziehen sich gegenseitig an.*

Es ist uns ein Brief überliefert von Georg Hartmann, Vicar an der St. Sebalduskirche in Nürnberg, an den Herzog Albrecht von Preußen, datirt vom 4. März 1544, aus welchem hervorgeht, daß die eben erläuterten Thatsachen damals noch sehr wenig bekannt waren, ja daß sie vielleicht von Hartmann zum ersten Male entdeckt worden sind. Derselbe ließ bei seinen Versuchen

die Magnetnadeln auf Wasser schwimmen und konnte so die Anziehungs- und Abstoßungs-Phänomene auf's Schönste beobachten.

Wir haben bereits erfahren, daß, wenn man eine unmagnetische Nähnadel — eine Stahlnadel — an den einen Pol eines kräftigen Magneten bringt, die Nadel angezogen und selbst ein Magnet wird. Die soeben erlangten Thatsachen beweisen, daß, wenn wir die Nadel an den Nordpol des Magneten anhängen, das diesem zugewendete Ende ein Südpol, das abgewendete Ende ein Nordpol wird, weil im entgegengesetzten Falle die Nadel abgestoßen würde.

Hätten wir die unmagnetische Stahlnadel an den Südpol des Magneten angehängt, so muß umgekehrt das diesem Pole zugewendete Ende der Nadel ein Nordpol, das abgewendete Ende ein Südpol werden.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir sogleich einen wichtigen Unterschied näher in's Auge fassen, welcher in Bezug auf den Magnetismus zwischen dem harten Stahle und dem weichen Eisen besteht. Es ist bekannt, daß der Stahl sehr verschiedene Härtegrade annehmen kann und die Techniker unterscheiden in dieser Hinsicht in der Regel vier Grade, nämlich: glashart, strohgelb angelassen, blau angelassen oder federhart und ganz weich. Die letztbehandelten Versuche gelingen nun schon mit einer federharten Stahlnadel, d. h. eine solche Nadel mit einem Magnetpole in Berührung gebracht, wird selbst ein Magnet. Nehmen wir dagegen ein Stückchen weichen Eisens und hängen dasselbe an den Pol eines Magneten, so bleibt das Eisenstückchen — wie wir dies schon bei

dem Versuche mit den Feilspähnen wahrgenommen haben — gleichfalls daran hängen, wird also angezogen; allein wenn wir das Eisenstückchen wieder von dem Magnete entfernen, so zeigt dasselbe keine Pole und ist also kein bleibender Magnet geworden. Wir erkennen dies sogleich daran, daß, wenn wir das Eisenstückchen in die Nähe

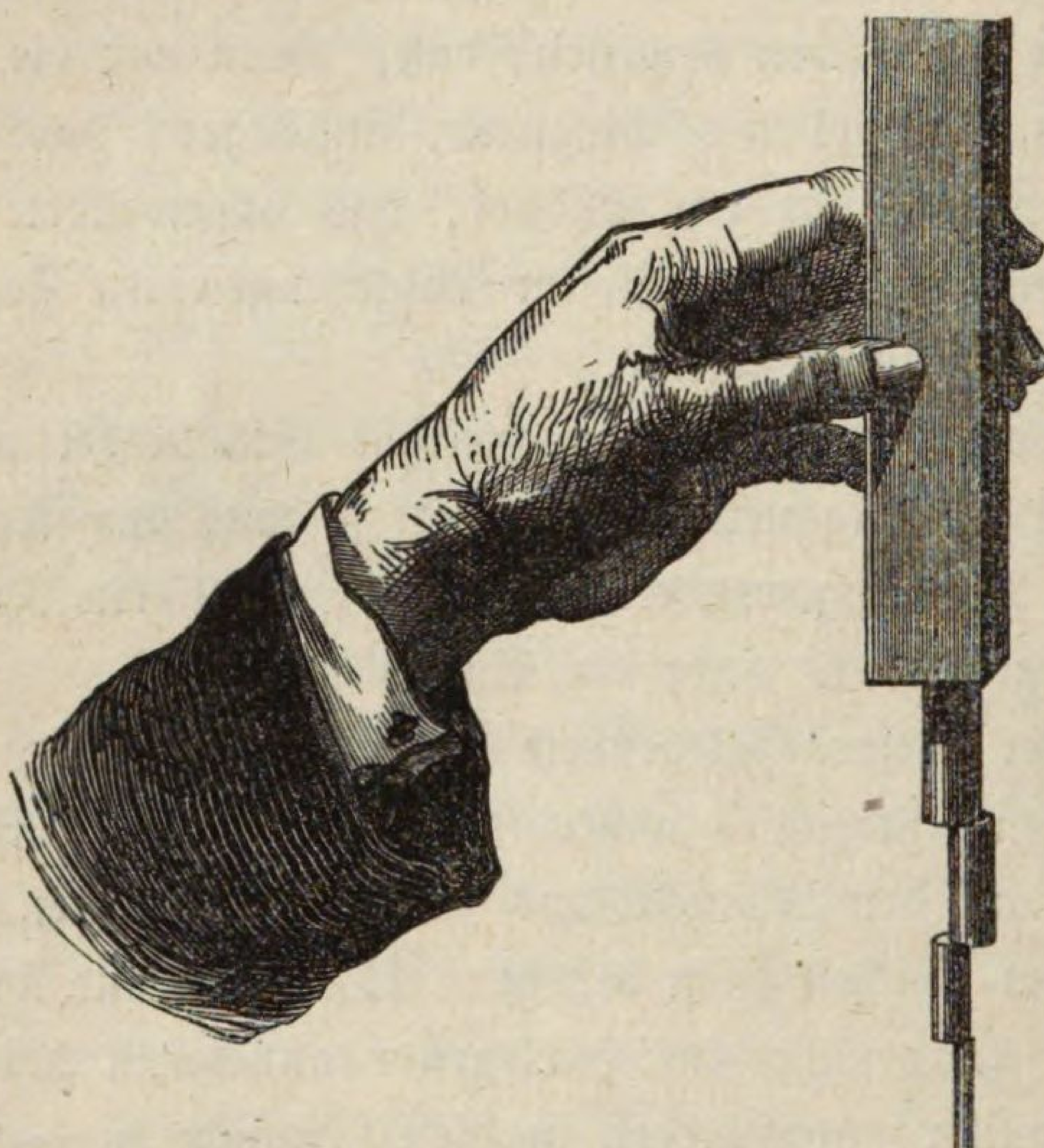


Fig. 4.

einer frei beweglichen Magnetnadel bringen, die beiden Pole derselben sich in gleicher Weise nach dem Eisenstückchen hin bewegen. Trotzdem ist dasselbe, so lange es am Magnetpole hing, selbst ein Magnet gewesen, wie sich durch folgenden einfachen Versuch nachweisen läßt.

Nehmen wir einen starken Magnet in die Hand (Fig. 4), so wird von dem einen Pole desselben ein Stück Eisen

angezogen; bringen wir an das Ende dieses Eisenstückchens ein zweites, drittes u. s. f., so können wir je nach der Stärke des Magneten eine ziemlich bedeutende Menge von Eisenstückchen hintereinander anhängen. Ziehen wir aber das dem Magnetpole zunächst gelegene Stückchen weg, so fallen sogleich auch alle übrigen von einander ab. Untersuchen wir, während die Eisenstückchen noch am Magnetpole hängen, das untere Ende desselben durch Annähern der Pole einer freibeweglichen Magnetnadel, so finden wir, daß wir es mit einem dem tragenden Magnetpole gleichnamigen Pole zu thun haben. Wir sehen also hieraus, daß weiches Eisen magnetisch wird, allein blos so lange magnetisch bleibt, als es sich in der Nähe eines Magneten befindet. Der harte Stahl dagegen behält den Magnetismus auch nach der Entfernung vom erregenden Magneten — er wird ein sogenannter permanenter Magnet.

Schon als wir einen Magnet am Beginne unserer Betrachtungen in Eisenfeilspähne legten, zeigte sich, daß dieselben an den Polen am meisten, in der Mitte dagegen sich gar nicht anhängten. Nehmen wir nun ein Eisenstückchen und suchen wir dasselbe an verschiedenen Puncten eines Magneten anzuhängen, so bleibt dasselbe an den Polen sehr fest hängen; weiter gegen die Mitte hin nimmt die Anziehung beträchtlich ab, in der Mitte selbst hört die anziehende Kraft gänzlich zu wirken auf — das Eisen fällt, wenn man es anzuhängen versucht, herab. Die magnetische Kraftäußerung befindet sich also nicht blos in den beiden Polen des Magneten, sondern sie ist in den beiden Hälften desselben ausgebreitet in

der Art, daß sie an den Polen am stärksten ist und von da gegen die Mitte hin, wo sie gänzlich verschwindet, allmählig abnimmt. Ferner äußert sich in der einen Hälfte des Magneten blos nördlicher, in der anderen Hälfte blos südlicher Magnetismus. Die Mitte des Magneten, wo die nordmagnetische Kraftäußerung in die südmagnetische übergeht und wo sich also gar keine Anziehung zeigt, nennt man den Indifferenzpunct des Magneten.

Man hat die durch unsere bisherigen Versuche gewonnenen Erscheinungen ursprünglich dadurch zu erklären versucht, daß man annahm, die einzelnen Theilchen in der einen Hälfte des Magneten besäßen blos nördlichen, die Theilchen der anderen Hälfte blos südlichen Magnetismus; allein man konnte mit dieser Annahme nicht den Umstand erklären, daß der Magnetismus von der Mitte nach den Polen hin zunimmt. Man mußte deshalb zu einer anderen Hypothese seine Zuflucht nehmen und hat nun eine äußerst feine magnetische Materie — ein Fluidum — zur Erklärung der Thatsachen, die wir kennen gelernt haben, zu Hilfe genommen.

Jeder Körper hätte darnach eine gleiche Menge nordmagnetischen und südmagnetischen Fluidums; beim Magnetisiren würden diese Fluide getrennt und nach den Polen des neu entstandenen Magneten hin angehäuft.

Wir wollen zur Prüfung dieser Ansicht wieder ein paar leicht anzustellende Versuche vornehmen, welche darin bestehen, daß wir einen Magneten in eine Anzahl kleinerer Theile trennen uud einzeln diese näher untersuchen, sowie umgekehrt, daß wir mehrere kleine Magnete zu-

sammensetzen und betrachten, welche Wirkung nun sich äußert.

Man möchte nämlich aus der letztbezeichneten Hypothese schließen, daß, wenn man einen Magnet in der Mitte auseinander brechen würde, die eine Hälfte blos nördlichen, die andere blos südlichen Magnetismus behalten könnte. Brechen wir aber einen Magnet wirklich in der Mitte entzwei und untersuchen wir die beiden Hälften wieder durch Annähern an die beiden Pole einer frei beweglichen Magnetnadel, so ergibt sich, daß jede der beiden Hälften ein vollständiger Magnet geworden ist, d. h. jede Hälfte ihren Nordpol und ihren Südpol besitzt. Bricht man wieder jede der beiden so erhaltenen Hälften entzwei, so erhält man vier vollkommene Magnete. Kurz man mag diese Theilung fortsetzen so weit man will, jedes der erhaltenen Bruchstücke ist immer ein Magnet mit zwei entgegengesetzten Polen und man muß sich hiernach einen jeden Magneten als aus einer unendlich großen Anzahl von unendlich kleinen Elementarmagnetchen zusammengesetzt denken in der Art, daß jedes solche Elementchen — jedes Molecul — in der That einen selbstständigen Magneten bildet.

Nach dem Gesagten sind wir aber auch zu der Behauptung berechtigt, daß sich aus kleineren und schwächeren Magnetchen ein stärkerer Magnet zusammensetzen lassen muß.

Und in der That legt man wirklich zwei gleich starke Magnete aneinander, so erhält man einen vollständigen größeren Magnet. In der Mitte ist gleichviel nördlicher und südlicher Magnetismus vorhanden; die Wirkung

nach Außen hebt sich auf. Trennt man die beiden Magnete wieder, so wird die magnetische Kraft der beiden Theile auf den früheren Stand vermindert.

Wollen wir also wirklich zwei magnetische Fluida zur Erklärung unserer durch das Experiment gefundenen Thatsachen voraussetzen, so wissen wir, daß diese an die einzelnen Molecule der Magnete gebunden sein müssen und nicht auf einander übergehen können. Woher kommt aber dann die Zunahme der Kraft bei der Vereinigung der kleinen Magnete zu einem größeren? Um über diesen Punct uns Klarheit zu verschaffen, müssen wir einen neuen Begriff einführen, nämlich die sogenannte magnetische Induction.

Stellt man einem Magnetstabe N S gegenüber einen inductionsfähigen Körper A (Fig. 5) — einen unmagnetischen Stahlstab — auf, so besteht das Wesen der magnetischen Induction darin, daß durch den Nordpol N in dem ihm zunächst gelegenen Ende des Stabes A ein Südpol, in dem entgegengesetzten Ende ein Nordpol erzeugt wird. Je näher der Stab A dem Magnete gebracht wird, um so stärker werden die durch die Induction hervorgerufenen Pole sein. Nimmt man nun statt des unmagnetischen Stahlstabes einen Magnet N′ S′ und legt ihn so dem Magnet N S gegenüber, wie dies die Fig. 6 zeigt, so wird durch die Induction vom Nord-

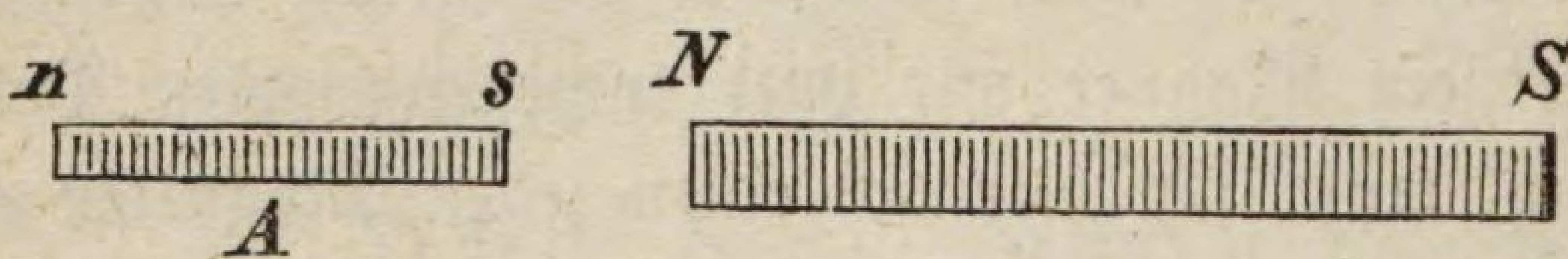


Fig. 5.

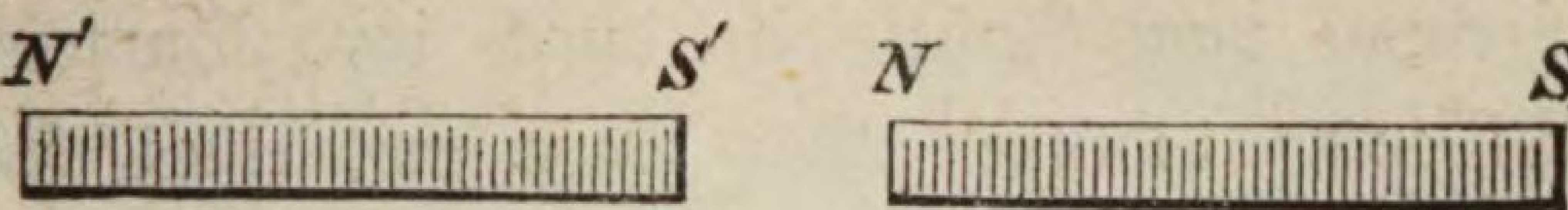


Fig. 6.

pole N der Südpol S' und ebenso von S' der Nordpol N verstärkt. Da aber eine einseitige Aenderung der Pole nicht eintreten kann, so werden auch der Nordpol N' und der Südpol S stärker werden müssen. Nähern wir die beiden Magnete einander bis zur Berührung, so sehen wir jetzt, wie bei zusammengesetzten Magneten die Verstärkung der Pole eine Folge der Induction ist. Wir sehen aber weiter ein, worin die magnetische Anziehung überhaupt ihren Grund hat. Ein Magnet zieht das weiche Eisen nicht als solches an, sondern dieses wird als inductionsfähiger Körper zuerst ein Magnet, die ungleichnamigen Pole ziehen sich an und das Eisen bleibt am Magneten hängen.

Das Gleiche gilt, wie wir gesehen haben, vom Stahle: Der Unterschied besteht nur darin, daß das Eisen den inducirten Magnetismus wieder verliert, wenn es vom Magnet entfernt wird, daß dagegen der Stahl den Magnetismus auch nach der Entfernung vom inducirenden Magnet behält. Man hat deshalb wohl zu unterscheiden zwischen Magnetismus, der einem Körper eigenthümlich ist und den wir permanenten Magnetismus nennen wollen, dann demjenigen Magnetismus, der in einem Körper durch die Nähe eines Magneten hervorgerufen wird — er heiße inducirter Magnetismus.

Beide Magnetismen bestehen getrennt neben einander,

die Wirkung nach Außen ist durch ihre Summe oder ihre Differenz bedingt. Das Vermögen eines Körpers permanenten Magnetismus anzunehmen heißt man gewöhnlich Coërcitivkraft oder besser noch Retentionsfähigkeit; das Vermögen inducirten Magnetismus aufzunehmen, wollen wir Inductionsfähigkeit nennen. Der Stahl hat also Retentionsfähigkeit und Inductionsfähigkeit zugleich, während das weiche Eisen das letztere Vermögen allein besitzt.

Es wird nun zunächst nöthig sein, die verschiedenen Formen kennen zu lernen, welche man bisher den Magneten gegeben hat. Im Alterthume kannte man blos die natürlichen Magnete. Plinius erzählt uns im 36. Buche seiner Naturgeschichte, daß es nach Sotacus fünf Arten derselben gebe; allein diese verschiedenen Arten beziehen sich blos auf den Fundort und nur auf einige Verschiedenheiten im äußeren Ansehen. Gegenwärtig bewahrt man die natürlichen Magnete noch in den physikalischen Sammlungen auf, ohne eine weitere Anwendung von ihnen zu machen; sie dienen blos als Zeugen des natürlichen Vorkommens attractiver Eisenerze.

Die Magnetsteine wurden, nachdem sie ausgegraben und als magnetisch erkannt waren, in eine geeignete Form zugerichtet; wir finden so die Form von Prismen, die Eiform und die Kugelgestalt vertreten. Die kugelförmigen Magnete wurden namentlich von den Physikern des Mittelalters angewendet, welche darauf die Pole und den Aequator verzeichneten, sie so als Nachahmung der Erde im Kleinen betrachteten und deshalb auch kleine Erdkugeln — Terrellen — nannten.

Um die Kraft eines natürlichen Magneten zu verstärken und ihn bequemer handhaben zu können, wird derselbe mit einer Armatur versehen, welche aus flachen Eisenstücken besteht, die an die Pole des Magneten angelegt werden. Die Tragkraft der Magnetsteine ist dabei übrigens ungemein verschieden.

Newton besaß einen Magneten, der in einen Ring gefaßt war, und, obwohl er blos 3 Gran wog, doch das 250fache seines Gewichtes, nämlich 746 Gran zu tragen im Stande war.

Zu den größeren natürlichen Magneten gehört derjenige, welcher sich im physikalischen Cabinete der Dorpater Universität befindet; er wiegt ohne Armatur 30 Pfunde, mit der Armatur und einem kupfernen Gehäuse 40 Pfund und trägt 87 Pfunde. Noch größer ist der Magnet im Teylerschen Museum in Harlem, welcher mit Armatur und Gehäuse 307 Pfunde wiegt und dessen Anker mit einem Gewichte von 230 Pfunden noch nicht losgerissen werden kann. Parrot erzählt, daß der Magnet allein Mahomet und seinen Sarg zu tragen im Stande wäre.

Einer der berühmtesten natürlichen Magnete befindet sich im physikalischen Cabinete der Akademie der Wissenschaften zu Lissabon; er wurde dem König Johann V. vom Kaiser von China zum Geschenk gemacht. Die Gestalt dieses Magneten war unregelmäßig, sein Volumen betrug 262 Cubikzoll; er trug anfänglich 176 Pfunde, später als seine Armatur, die er aus China mitgebracht hatte, vom Roste befreit wurde, konnte seine Tragkraft auf 202 Pfunde gesteigert werden.

Gegenwärtig wendet man, wie unsere Leser bereits wissen, blos künstliche, d. i. Stahl-Magnete an und hat denselben verschiedene Formen gegeben; man kann als Haupttypen derselben die Hufeisenmagnete, Magnetnadeln und Magnetstäbe bezeichnen.

Die Hufeisenmagnete sind, wie dies schon ihr Name bezeichnet, in Form eines Hufeisens umgebogene Stahlstäbe, welche so magnetisirt werden, daß die beiden Pole an die Enden der Schenkel des Hufeisens also neben einander zu liegen kommen. Um die Stärke der Hufeisenmagnete zu erhöhen, vereinigt man mehrere derselben zu einem sogenannten magnetischen Magazine. Ein solches Magazin (Fig. 7) besteht fast immer aus einer ungeraden Anzahl von einzeln magnetisirten hufeisenförmigen Stahllamellen, die aneinander geschraubt werden. Die mittlere Lamelle ragt dabei gewöhnlich etwas über die andern hervor, an ihren Enden wird auch der sogenannte Anker angelegt, an den das zu tragende Gewicht gehängt wird.

Die Hufeisenmagnete haben für die Theorie des Magnetismus keine weitere Bedeutung; dagegen bieten sie ein ganz vorzügliches Mittel, galvanische Ströme durch Induction zu erregen, weshalb sie in der neuesten Zeit bei den magnetelectrischen Maschinen eine ausgedehnte Verwendung gefunden haben.

An der großen Nollet'schen Maschine, welche die Alliancecompagnie im Jahre 1867 auf die Pariser Weltausstellung gebracht hatte, wurden nicht weniger als 64 Magazine von Hufeisenmagneten, deren jedes 120 bis 140 Pfund Tragkraft besaß, dazu benützt, einen

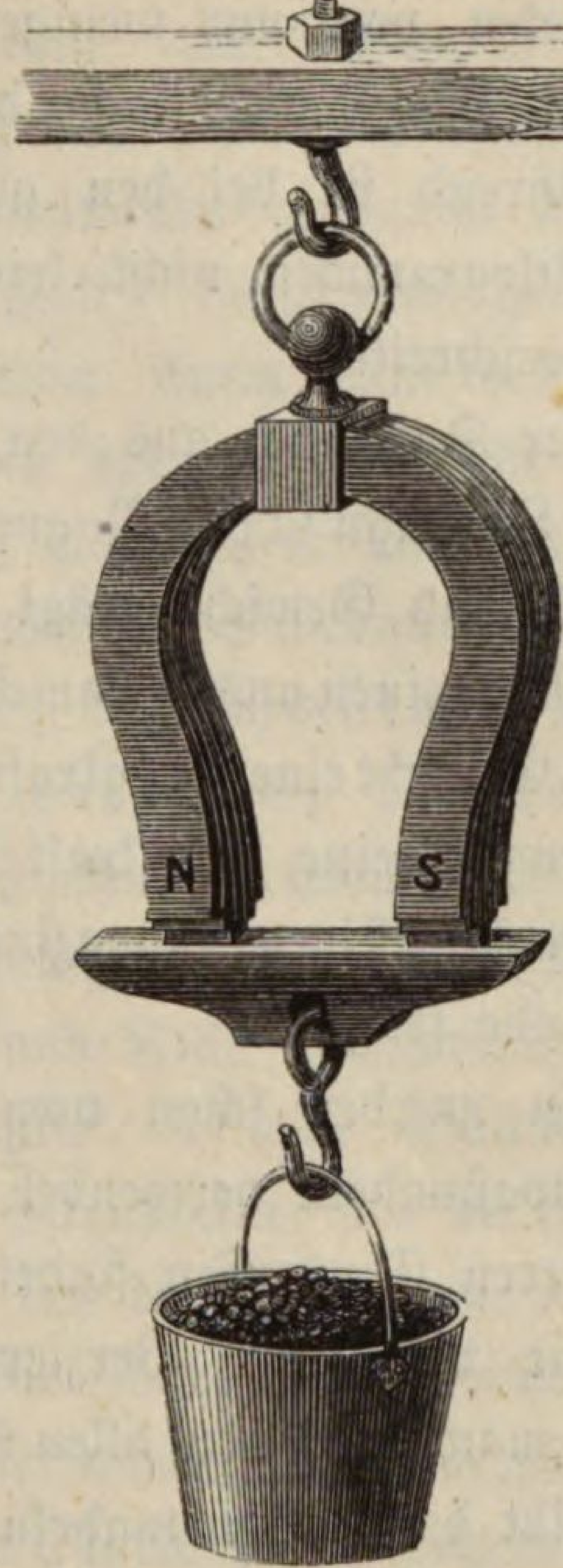


Fig. 7.

galvanischen Strom von solcher Stärke zu erregen, daß damit das electrische Kohlenlicht für Leuchtthurmzwecke erzeugt werden konnte.

Die kräftigsten Hufeisenmagnete hat längere Zeit hindurch Häcker in Nürnberg hergestellt; er wurde jedoch von den Holländern Logeman und Wetteren übertroffen. Der Verfasser hat sich selbst mit der Herstellung

starker Hufeisenmagnete beschäftigt und gefunden, daß bei kleinen Magneten von nur wenigen Grammen Gewicht die Tragkraft das Hundertfache des Gewichtes erreichen kann, während sie bei den großen Magazinen von 20 bis 30 Kilogrammen nicht leicht das Fünffache des Gewichtes überschreitet.

Es geht dieser Satz auch aus den Angaben hervor, die wir über die Logeman'schen Magnete besitzen. Ein Hufeisen von 1 Pfund Gewicht trägt darnach 25 bis 26 Pfunde; bei Magazinen aus 5 Lamellen erzielte Logeman bei 60 Pfund Gewicht eine Tragkraft von 300 Pfund, bei 86 Pfund Gewicht eine Tragkraft von 400 Pfund, während die siebenlamelligen Magazine bei 122 Pfund Gewicht 550 Pfunde tragen.

Magnetnadeln wurden schon vom elften Jahrhunderte an als Compaßnadeln verwendet.

Bei den älteren Compassen findet man namentlich die Pfeilform mit vielfachen Verzierungen vertreten; gegenwärtig sieht man aber von allen überflüssigen Zierrathen ab und gibt den Magnetnadeln gewöhnlich eine von der Mitte aus spitz zulaufende Form.

Magnetstäbe werden entweder in Form eines flachen Prismas oder eines Cylinders angewendet; die prismatischen Magnetstäbe wurden auch zu Magazinen vereinigt. In dem königlichen Institute zu London befindet sich ein solches Magazin, welches aus 450 Magnetstäben besteht, deren jeder eine Länge von 40 Centimetern besitzt — die Tragkraft des ganzen Magazins beträgt 100 Pfund.

Dies wären die verschiedenen Formen, die man bisher den Magneten gegeben hat und in einem wohl aus-

gerüsteten Laboratorium sollten sie alle vertreten sein, da man für verschiedene Untersuchungen bald diese, bald jene Form nöthig hat. Weitaus am häufigsten werden jedoch die Magnetnadeln gebraucht und es war deshalb von Wichtigkeit, durch eine genaue Untersuchung zu erfahren, welche Form man denselben am zweckmäßigsten zu geben hat. Lamont hat diese Arbeit ausgeführt und kam, nachdem er mit den mannichfaltigsten Formen in systematischer Anordnung experimentirt hatte, zu dem Resultate, daß schmälere Magnete vortheilhafter sind als breitere, dünnere vortheilhafter als dickere, daß also die vortheilhafteste Form ein sogenannter Linearmagnet, d. h. ein Magnet wäre, bei welchem Breite und Dicke verschwinden würden. Ein solcher Linearmagnet ist aber selbstverständlich in der Wirklichkeit nicht herzustellen; als die praktisch wichtigsten Formen ergaben sich die flache von der Mitte aus spitz zulaufende und die flache prismatische Form. Aus der Lamont'schen Untersuchung folgt weiter, daß, wenn man große magnetische Stärke bei geringem Gewichte erlangen will, es zweckmäßig ist, mehrere dünne und flache Magnete zu einem Systeme zu verbinden, jedoch ohne daß sie sich berühren. Bei den Schiffscompassen wendet man dieses Mittel gegenwärtig vielfach an, indem man drei Nadeln nebeneinander anbringt; Lamont gebraucht bei seinen magnetischen Instrumenten drei flache Stahllamellen — Stücke einer Uhrfeder — welche er über einander festmacht.

Obwohl, wie bereits erwähnt, magnetisirte Compaßnadeln bereits im elften Jahrhundert vorkommen, so hat

man doch erst viel später den Versuch gemacht, stärkere Magnete herzustellen. Es wird zwar schon von Galiläi erzählt, daß er einen kräftigen Magneten verfertigt habe; ferner spricht bereits Gilbert davon, daß man Stücke „vom besten Eisen" — so nennt der gelehrte Engländer immer den Stahl — durch Streichen mit einem natürlichen Magneten magnetisch machen könne, allein die eigentliche Magnetisirungskunst scheint doch erst im achtzehnten Jahrhundert von Servington Savery erfunden worden zu sein.

Das einfachste Hilfsmittel einen Stahlstab zu magnetisiren bietet der sogenannte einfache Strich. Man legt dabei den Stahlstab horizontal, setzt den einen Pol eines starken Magneten auf denselben auf und streicht nach dem einen Ende hin. Hier angelangt zieht man den Magnet sorgfältig ab, um ihn am andern Ende wieder aufzusetzen und das Streichen von Neuem im gleichen Sinne öfters zu wiederholen. Zweckmäßiger ist eine andere Art des einfachen Striches, welche darin besteht, den Magnet beim Beginne der Operation in der Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes aufzusetzen und von hier aus mit dem Nordpole die eine Hälfte, mit dem Südpole die andere Hälfte des Stahlstabes zu streichen.

Noch stärkere Magnete wie beim einfachen Striche erhält man mittelst des Doppelstriches, bei welchem der zu magnetisirende Stahlstab mit den ungleichnamigen Polen zweier Magnete auf folgende Art gestrichen wird (Fig. 8). Der Nordpol des einen und der Südpol des anderen Streichmagneten werden in einiger Entfernung

von einander auf die Mitte des Stahlstabes aufgesetzt und die beiden Magnete unter einer starken Neigung gemeinschaftlich nach dem einen Ende, von hier nach dem anderen Ende, dann wieder nach dem ersten Ende und so weiter fortgezogen. Nachdem man dieses Hin- und Herstreichen oft genug ausgeführt hat, hebt man die beiden Streichmagnete schließlich wieder in der Mitte des nun magnetisch gewordenen Stahlstabes ab. Vortheilhaft ist es, denselben, wie dies die Fig. 8 zeigt, während der Operation auf die ungleichnamigen Pole zweier anderer kräftiger Magnete aufzulegen und außerdem

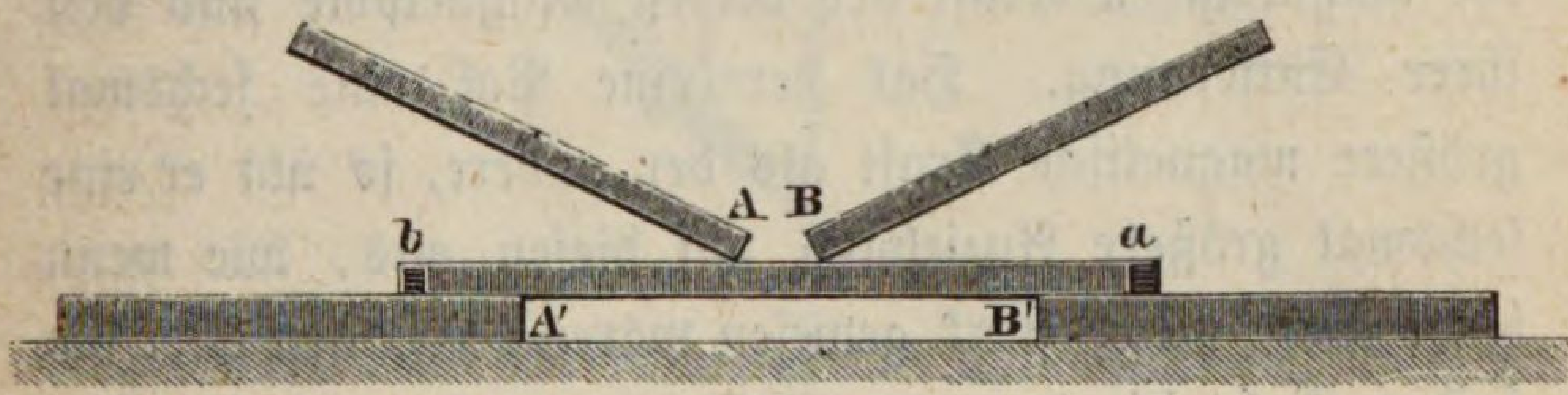


Fig. 8.

ist es bequem, zwischen den beiden Polen der Streichmagnete ein Holzstückchen anzubringen, um dieselben während des Streichens mit Sicherheit in der gleichen Entfernung halten zu können.

Weitaus die kräftigsten Magnete bringt man zu Stande, wenn man die Streichmagnete durch Electromagnete ersetzt; wie dieselben erhalten werden, werden wir in einem späteren Abschnitte erfahren.

Beim Beginne unserer Betrachtungen haben wir uns mit den magnetischen Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen beschäftigt ohne das Gesetz kennen zu lernen, nach welchem dieselben erfolgen.

Denkt man sich zwei getrennte Magnetpole im Raume frei beweglich, so findet, wie wir bereits wissen, eine gegenseitige Einwirkung derselben auf einander statt, welche, wenn die beiden Pole gleichnamig sind, als Abstoßung, wenn die beiden Pole ungleichnamig sind, als Anziehung sich äußert. Die Größe dieser Anziehung oder Abstoßung hängt nun ab einmal von der Stärke der magnetischen Kraft der beiden Magnetpole und von ihrer Entfernung. Hat der eine Pol eine sechsmal größere magnetische Kraft als der andere, so übt er eine sechsmal größere Anziehung auf diesen aus, wie wenn beide Pole gleich stark gewesen wären; erhalten aber die beiden Pole die doppelte Entfernung, so wird die Anziehung blos den vierten Theil, bei der dreifachen Entfernung blos den neunten Theil u. s. f. der Anziehung betragen, welche bei der ersten Entfernung stattgefunden hatte. Man drückt dieses Gesetz, welches von dem französischen Physiker Coulomb durch eine sorgfältige Versuchsreihe bewiesen wurde, allgemein so aus: die magnetische Anziehung oder Abstoßung ist der Stärke des Magnetismus direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

Der Erdmagnetismus.

Eine in horizontalem Sinne bewegliche Magnetnadel stellt sich in eine bestimmte Richtung ein; wir

haben die Abweichung dieser Richtung von der wahren Nord-Süd-Richtung die Declination, die Richtung der Magnetnadel selbst den magnetischen Meridian genannt. Es soll nun eine Magnetnadel so eingerichtet werden (Fig. 9), daß sie im magnetischen Meridiane

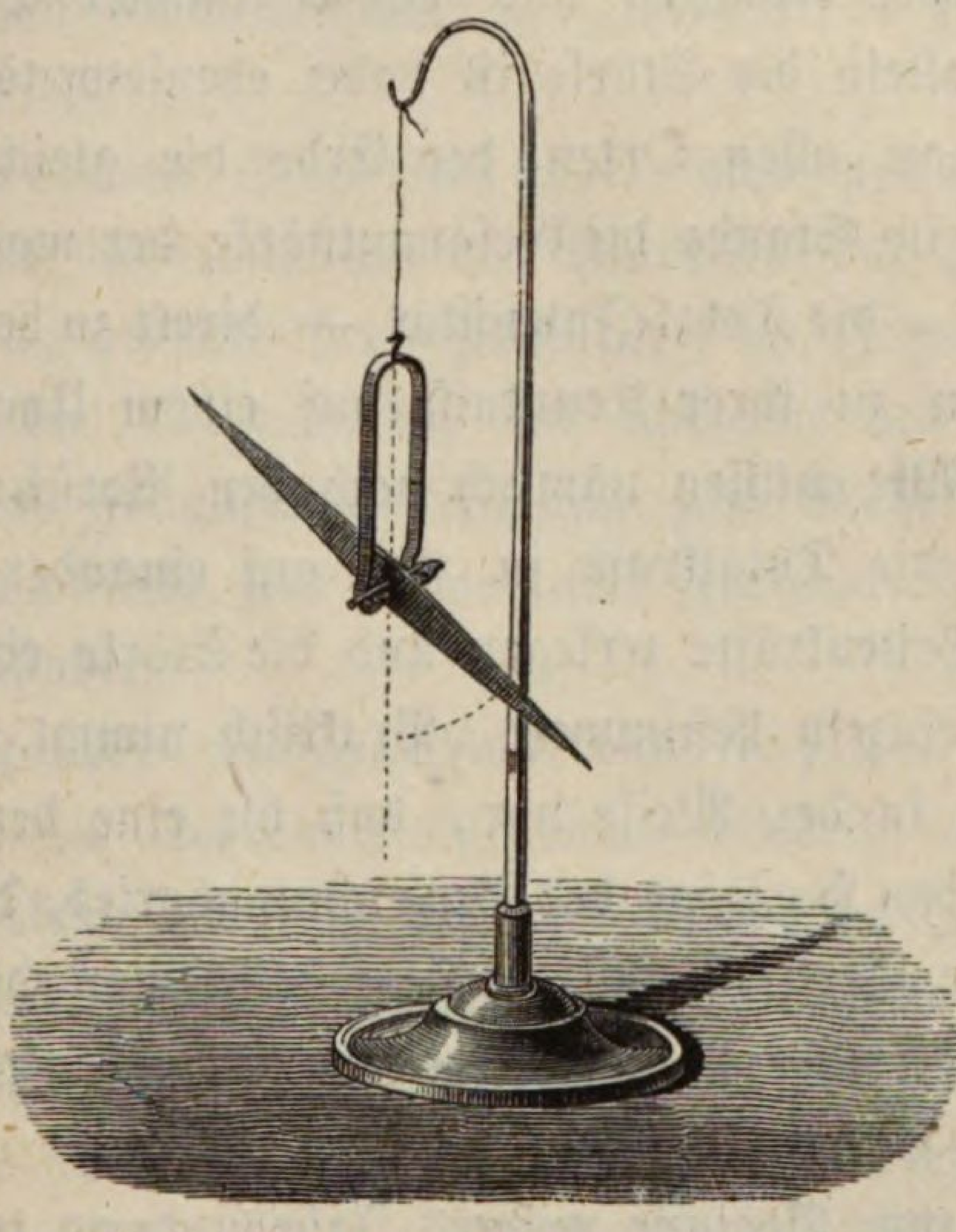


Fig. 9.

steht, und um ihren Schwerpunkt blos im verticalen Sinne drehbar ist. Wir werden dann wahrnehmen, daß die Magnetnadel nicht wagrecht stehen bleibt, sondern daß sich bei uns der Nordpol senken und mit dem Horizonte einen Winkel von beiläufig 66 Graden bilden wird. Diesen Winkel mit dem Horizonte nennen wir die Neigung oder Inclination der Magnetnadel.

Sowohl die Declination als die Inclination sind

an den verschiedenen Orten der Erdoberfläche sehr verschieden.

Denken wir uns nämlich an der Erdoberfläche ein magnetisches Theilchen freischwebend, so wird dasselbe durch eine Kraft, die wir den Erdmagnetismus nennen, in bestimmter Richtung und mit bestimmter Stärke angezogen; allein die Stärke ist dabei ebensowenig als die Richtung an allen Orten der Erde die gleiche. Wir sind nicht im Stande die Gesammtstärke der magnetischen Erdkraft — die Total-Intensität — direkt zu bestimmen; wir müssen zu ihrer Kenntniß auf einem Umwege gelangen. Wir müssen nämlich nach den Vorschriften der Mechanik die Totalkraft in zwei auf einander senkrecht stehende Seitenkräfte zerlegen und die Stärke einer jeden derselben einzeln bestimmen. Praktisch nimmt man diese Zerlegung in der Weise vor, daß die eine der Seitenkräfte in den Horizont des Beobachtungsortes, die andere also in die Vertikale fällt; erstere heißt man die Horizontal-Intensität, letztere die Vertical-Intensität des Erdmagnetismus.

Bis zum Beginne unseres Jahrhunderts hatte man sich blos mit der Richtung der erdmagnetischen Kraft beschäftigt.

Daß eine horizontal bewegliche Magnetnadel nicht genau nach Norden zeigt, und daß die Abweichung vom Nordpunkte nicht an allen Orten der Erde die gleiche sei, hat man wahrscheinlich zuerst bei der Entdeckung von Amerika, wenn nicht vielleicht schon früher erkannt. Um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts hat man bereits die Größe dieser Abweichung an verschiedenen Orten

genauer zu bestimmen versucht. Um dieselbe Zeit entdeckte Georg Hartmann die Inclination. In seinem Briefe an den Herzog Albrecht von Preußen, datirt vom 4. März 1544, schreibt er: „Zu dem Anderen, so finde ich auch dies an dem Magneten, daß er sich nicht allein wendet von der Mitternacht ..., sondern er zeigt auch unter sich."

In älteren Schriften findet man gewöhnlich den Engländer Normann als den Entdecker der Inclination angegeben; derselbe fand jedoch erst im Jahre 1576 die Neigung der Magnetnadel, hat übrigens das Verdienst, zuerst eine geeignete Vorrichtung zum Messen des Inclinationswinkels, ein sogenanntes Inclinatorium, hergestellt zu haben.

Alexander von Humboldt war es, der auf seiner Reise in die Aequinoctialgegenden Amerika's (1799 — 1804) neben der Richtung der Magnetnadel auch die Stärke des Erdmagnetismus bestimmte und fand, daß auch diese an den verschiedenen Orten der Erdoberfläche bedeutend verschieden ist. Er versetzte zu diesem Behufe eine Declinationsnadel in Schwingungen und beobachtete die Zeit, welche erforderlich war, um eine bestimmte Anzahl derselben z. B. hundert Schwingungen zu vollenden. Je kürzer diese beobachtete Zeit ist, um so stärker ist die auf die Magnetnadel einwirkende Kraft. Auf diesem Wege kann zwar blos die Horizontal-Intensität bestimmt werden, allein, wenn man neben dieser noch den Inclinationswinkel kennt, so läßt sich nach den Vorschriften der Mechanik die Totalkraft durch Rechnung finden.

Die angegebene Methode hat aber doch einen großen

Mißstand. Die Anzahl der Schwingungen hängt nämlich auch von der Stärke des in der Nadel enthaltenen Magnetismus ab; ändert sich derselbe im Laufe der Zeit, so wird jede Vergleichung der gefundenen Zahlenwerthe für die Stärke des Erdmagnetismus illusorisch. Solche Aenderungen haben aber immer statt und es mußte deshalb von großer Wichtigkeit für die Wissenschaft sein, eine Methode aufzufinden, wodurch man im Stande ist, die Größe der magnetischen Erdkraft unabhängig vom magnetischen Zustande der verwendeten Nadel zu bestimmen.

Der große französische Mathematiker Poisson hat das Verdienst, zuerst eine solche Methode angegeben zu haben; allein es vergingen noch mehrere Jahre, bis sich damit ein praktischer Erfolg erzielen ließ, denn es fehlten die Instrumente von erforderlicher Genauigkeit. Erst als Gauß durch sein Magnetometer auch diese Lücke ausgefüllt hatte, konnte das Problem vollständig gelöst werden — es konnte die Stärke des Erdmagnetismus nach absolutem Maaße das heißt in magnetischen Einheiten analog den Thermometergraden bei der Temperaturbestimmung ermittelt werden.

Es kann hier nicht die Rede davon sein, bei den Details solcher magnetischer Messungen länger zu verweilen, wir müssen uns begnügen, einige allgemeine Punkte zusammenzustellen. Um aus den bisher ausgeführten magnetischen Bestimmungen die Vertheilung des Magnetismus an der Erdoberfläche näher zu studiren hat man die magnetischen Charten hergestellt.

Man hat nämlich diejenigen Orte auf einer Erd-

charte durch Linien verbunden, an welchen zu derselben Zeit die gleiche Declination, Inclination und Intensität beobachtet wurden. Die Linien gleicher Declination nennt man *Isogonische Linien*, die Linien gleicher Inclination wurden *Isoclinische Linien*, endlich die Linien gleicher Intensität *Isodynamische Linien* genannt. Schon eine ganz oberflächliche Betrachtung dieser Linien zeigt, daß wir die Erde nicht als eine regelmäßig magnetisirte Kugel betrachten dürfen, sondern daß in dieser Hinsicht beträchtliche Anomalien stattfinden. Zunächst ist zu bemerken, daß die magnetischen Pole, in welchen sich die Inclinationsnadel senkrecht stellt, nicht mit dem geographischen Nord- und Südpol der Erde zusammentreffen, sondern etwa 16 Grade davon entfernt sind und zwar liegt der Nordpol im Norden von Amerika (Breite + 74°, östliche Länge von Ferro 282°), der magnetische Südpol dagegen südlich von Vandiemensland (Breite—76°, östliche Länge von Ferro 178°).

Ebensowenig wie die Pole fällt auch der magnetische Aequator, wo die Inclinationsnadel horizontal bleibt, mit dem geographischen Aequator zusammen, sondern schneidet denselben in zwei Punkten, so daß ein Theil nördlich und ein Theil südlich davon liegt. Ferner ist die Stärke des Erdmagnetismus in der südlichen Halbkugel größer als in der nördlichen, und zwar beträgt die größte südliche Intensität um $1/3$ mehr als die größte nördliche; dabei ist aber die Intensität nicht in allen Meridianen die gleiche, sondern wir beobachten in der Tropen-Zone zwei Puncte, in welchen die Itensität

am kleinsten ist, und gegen welche hin eine Abnahme von allen Seiten stattfindet. Der eine dieser Punkte fällt in die Nähe von St. Helena (350° 12′ östliche Länge von Ferro — 18° 27′ Breite), der andere Punkt kleinster Intensität liegt im Stillen Oceane (178° 27′ östliche Länge von Ferro, + 5° 9′ Breite). Mit diesen Punkten kleinster Intensität steht auch die Declination in Beziehung: auf der Erdhälfte, auf welcher der erstgenannte Punkt sich befindet — auf der europäisch-afrikanischen Erdhälfte — ist die Declination überall mehr oder weniger westlich, während auf der asiatisch-amerikanischen Erdhälfte, welcher der zweite Punkt kleinster Intensität angehört, östliche Declination beobachtet wird bis auf einen kleinen Landstrich im östlichen Asien, wo wieder eine geringe westliche Declination statthat.

Zwischen den genannten beiden Erdhälften zieht sich um die ganze Erde herum die sogenannte Linie ohne Abweichung, welche diejenigen Orte der Erde unter einander verbindet, in welchen der magnetische Meridian mit dem astronomischen Meridiane zusammenfällt, die Declinationsnadel also genau nach Norden zeigt. Wir haben so einige Hauptpunkte über die Vertheilung des Magnetismus an der Erdoberfläche betrachtet und wollen nur bemerken, daß eine genauere Kenntniß aus den Charten von Hansteen, Erman, Gauß, Sabine, Lamont und denen des Verfassers erholt werden kann.

Die Verhältnisse, wie wir sie soeben dargestellt haben, sind jedoch nicht zu allen Zeiten die gleichen, sie unterliegen vielmehr mannichfachen Veränderungen, welchen wir nun unser Augenmerk zuwenden wollen.

Betrachten wir vorerst die großen Aenderungen, welche im Verlaufe einer längeren Reihe von Jahren eintreten, so müssen wir die älteren Beobachtungen aufsuchen; sie werden uns, obwohl mit weit weniger genauen Instrumenten als die gegenwärtig im Gebrauche befindlichen angestellt, doch durch ihre Uebereinstimmung Resultate im Großen zu ziehen gestatten.

Fassen wir zunächst die Declination in's Auge, so gibt die älteste bekannte Beobachtung in Paris vom Jahre 1541 eine östliche Declination von 7 Graden, im Jahre 1550 von 8 Graden. Der magnetische Meridian bewegte sich also nach Osten und es scheint etwa um das Jahr 1580 die größte östliche Declination von 11° 30' beobachtet worden zu sein, denn im Jahre 1603 war sie schon wieder auf 8° 45' zurückgegangen. Im Jahre 1666 zeigte die Magnetnadel zu Paris nach einer uns erhaltenen Beobachtung Picard's genau nach Norden. Schon nach einigen Jahren war die Declination eine westliche, die Bewegung des Meridians nach Westen dauerte etwa 150 Jahre und die Declination wurde im Jahre 1820 zu 22° westlich beobachtet. Der magnetische Meridian hatte also in einem Zeitraume von 240 Jahren einen Bogen von 33—34 Graden von seiner größten östlichen bis zu seiner größten westlichen Declination zurückgelegt. Seit dem Jahre 1820 ist die westliche Declination wieder in fortwährendem Abnehmen begriffen. Aus diesen Angaben folgt mit aller Evidenz die Richtigkeit des Satzes, daß die Declination im Verlaufe der Jahre veränderlich ist und diese Veränderung heißt die *säculäre Aenderung der Declination*.

Dieser Satz wurde bereits im Jahre 1654 von Gellibrand aufgestellt, nachdem er seine Beobachtungen mit früher angestellten verglichen hatte; vorher hatte man geglaubt, diese großen Aenderungen der Unvollkommenheit der Instrumente zuschreiben zu müssen.

Als man nun auch die Inclinationen, welche in älteren Zeiten beobachtet wurden, mit den später angestellten Beobachtungen verglich, zeigte sich, daß auch dieses Element eine säkulare Aenderung, wenn auch in anderer Weise wie die Declination erfährt. So wurde die Inclination in Paris im Jahre 1671 zu 75°, im Jahre 1791 zu 71°, im Jahre 1824 zu 68°, im Jahre 1850 zu 66½° beobachtet.

Auch die Intensität unterliegt einer analogen säcularen Veränderung, doch läßt sich zur Zeit noch nicht mit Sicherheit die Größe derselben feststellen, da die Bestimmungen bis jetzt einen zu kurzen Zeitraum umfassen.

Aus den angeführten Pariser Declinationsbestimmungen kann man mit vieler Wahrscheinlichkeit den Schluß ziehen, daß die säcularen Bewegungen periodische, d. h. nach bestimmter Zeit wiederkehrende seien; mit Bestimmtheit läßt sich dies jedoch im Augenblicke nicht behaupten. Dagegen kennen wir andere Aenderungen der magnetischen Elemente, deren Wiederkehr nach bestimmter Zeit bereits durch vielfache Beobachtungen constatirt wurde.

Der berühmte Uhrmacher und Mechaniker Graham in London fand schon im Jahre 1722, daß die Compaßnadel nicht nur von Tag zu Tag, sondern sogar an einem und demselben Tage von

Stunde zu Stunde ihre Stellung verändere und sonach in beständiger Bewegung sei.

Die Entdeckung Graham's wurde von Professor Celsius in Upsala bestätigt und erweitert. Dieser Gelehrte hat unter Beihilfe seines Observators und späteren Nachfolgers Hiorter die erste systematische Beobachtungsreihe der magnetischen Aenderungen ausgeführt und es dürfte nicht uninteressant sein, einige Details folgen zu lassen, zumal da wir daraus ersehen werden, daß von den beiden schwedischen Forschern einige der wichtigsten Entdeckungen im Gebiete des Erdmagnetismus gemacht wurden, nämlich die Entdeckung der Störungen und des Einflusses des Nordlichtes auf die Magnetnadel.

Celsius veröffentlichte im Jahre 1740 in den Abhandlungen der schwedischen Wissenschafts-Akademie „Einige Bemerkungen über der Magnetnadel stündliche Veränderungen in ihren Abweichungen" und führt daselbst mehrere Zahlenreihen vor, aus welchen bereits der tägliche Gang der Magnetnadel ersichtlich ist, wonach die Nadel Vormittags von 8 oder 9 Uhr an bis 1 auf 2 Uhr Nachmittags gegen Westen und hierauf bis Abends um 8—9 Uhr gegen Osten wanderte.

Celsius setzte seine Beobachtungen bis in die Mitte des Jahres 1740 fort, worauf er am Beginne des folgenden Jahres dem Observator Olav Peter Hiorter, der eines bequemeren Locales und einer weniger beschränkten Zeit wegen im Stande war, die Beobachtungen mit geringeren Unterbrechungen fortzusetzen, seinen Compaß einhändigte, den er von Graham aus London auf seine eigenen Kosten hatte kommen lassen.

Als Celsius das neue Observatorium bezogen hatte, unterzog er sich selbst wieder den Beobachtungen vom 21. März bis zum Schlusse des Jahres 1743; sein im nächsten Jahre erfolgter Tod verhinderte ihn aber, die aus seinen Beobachtungen gezogenen Resultate selbst bekannt zu machen. Dies geschah erst später im Jahre 1747 durch Hiorter, welcher der schwedischen Akademie diese Resultate in einer ausführlichen Abhandlung vorlegte. Nachdem er in der Einleitung den Gang von Celsius's und seinen eigenen Beobachtungen besprochen hatte, fährt er fort:

„Was aus den sonach mehr denn 10,000 Beobachtungen über die Bewegung der Magnetnadel zu schließen gewesen, ist Folgendes:

„1) Daß die Magnetnadel eine tägliche Wendung von Osten nach Westen und wieder rückwärts habe. Dieselbe hatte bereits der selige Hr. Professor wahrgenommen, als er mir die Nadel zustellte, mit der Bemerkung, daß sie des Morgens etwa um 8 Uhr am östlichsten und um 2 Uhr Nachmittags am westlichsten, ingleichen des Abends und in der Nacht in denselben Stunden nur mit geringerer Veränderung ebenso wie des Tages sei. Dies hat sich in der Folge alle 24 Stunden beständig und meist auf dieselbe Weise verhalten mit einer Veränderung von 5 Minuten, einige Tage etwas mehr, andere wieder weniger, doch stufenweise und selten in einem Sprunge vom Größten bis zum Kleinsten um die obengenannten Stunden, wenn nichts Besonderes dazwischen gekommen ist, was die Nadel in ihrer regel-

mäßigen Wanderung gestört hätte, wovon in der dritten Anmerkung die Rede sein wird.“

„2) Daß sich diese Bewegungen nicht jeden Tag um denselben Punct des Gradbogens gehalten, sondern sich den einen Monat mehr gegen Osten und zu einer andern Zeit des Jahres mehr gegen Westen verlegt haben, an welchen neuen Stellen die täglichen Veränderungen ebenso durchgängig ihre Richtigkeit gehabt haben.“

„3) Hat man noch eine Bewegung bei der Magnetnadel gefunden, die eines Jeden Verwunderung und Aufmerksamkeit verdient. Wer hätte sich wohl vorstellen können, daß die Nordlichter mit dem Magneten einige Gemeinschaft und Verbindung hätten, und daß eben diese Nordlichter, wenn sie über unseren Scheitelpunkt weg südwärts oder ungleich nach der östlichen und westlichen Gegend des Horizontes hin steigen, eine beträchtliche Verwirrung von ganzen Graden binnen wenigen Minuten an der Magnetadel verursachen sollten? Das erste Mal, daß ich ein Nordlicht im Süden sah und zugleich eine größere Wanderung der Magnetnadel wahrnahm, war der 1. März 1741 des Abends, nachdem ich zwar zu verschiedenen Malen eine Unordnung der Nadel bemerkt, aber überzogenen Himmels halber kein Nordlicht gewahr worden war. Als ich hierauf dem seligen Professor dieses meldete, sagte er, wohl hätte er auch eine solche Verwirrung der Magnetnadel unter denselben Umständen bemerkt, aber nicht damit laut sein wollen, um zu sehen, — dies war sein Ausdruck — ob ich auf dieselbe Speculation fallen möchte. Einige Mal in der Folge wurde zwar die Nadel wieder verwirrt, aber bei

trübem und bewölktem Himmel, bis den 26. März nach 12 Uhr in der Nacht eine große Veränderung in der Nadel erfolgte und ein starkes Nordlicht über den ganzen Himmel im Süden gesehen wurde; wonach der Hr. Professor mit mir sich von dieser Sache mehr zu vergewissern anfing. Solches wurde nachgehend immer — etwa einige 40 Mal — beobachtet."

„Das Merkwürdigste bei dieser Bewegung der Magnetnadel war Folgendes. Der selige Hr. Professor hatte einige Wochen zuvor Hrn. Graham in London brieflich ersucht, auch mit seiner Nadel an jenen Tagen Beobachtungen anzustellen, damit, falls sich einige Störung des Magneten bei uns ereignen möchte, man sofort inne würde, ob sie sich auch an mehreren, soweit von einander entlegenen Orten zutrage, und daß sie alsdann keiner besonderen Beschaffenheit des Zimmers und dem darin befindlichen Eisen zugeschrieben werden könnte. Was geschah? Gerade ebendieselbe unordentliche Bewegung hatte die Magnetnadel zur nämlichen Zeit in London, wie hier in Upsala und zwar eine so große, wie Hr. Graham, nach seinem von dieser Beobachtung gegebenen Berichte nur je erfahren hatte. Des Nordlichtes gedenkt er nicht, ohne Zweifel weil er nicht bedacht gewesen war nach solch' einer Erscheinung zu sehen."

„Schließlich, sagt der bescheidene Gelehrte am Ende seiner Abhandlung, gestehe ich auch gerne, daß dieselbe Entdeckung einzig und allein dem seligen Hrn. Professor Celsius als demjenigen zugeschrieben werden muß, der aus eigenen Mitteln viele Unkosten an diejenigen In-

strumente verwendet, womit erwähnte Bewegungen des Magneten entdeckt worden sind, selbige größtentheils selbstbemerkt und mich in den Stand gesetzt hat, die Beobachtungen fortzusetzen und nun kürzlich an's Licht zu bringen, da sie sonst mit ihm wären begraben worden."

Wir haben aus diesem Berichte Hiorter's Entdeckungen kennen gelernt, welche durch die späteren genaueren Beobachtungen auf's glänzendste bestätigt wurden; wir wollen jetzt übrigens, da wir im Allgemeinen eingeführt sind, die bisher gewonnenen Resultate etwas systematischer auseinandersetzen. Die rege Thätigkeit, welche seit den Dreißiger Jahren, wo Gauß sich mit dem Gegenstande zu beschäftigen begann und die Gründung eines eigenen magnetischen Vereines veranlaßte, dem Erdmagnetismus zugewendet wurde, hat nämlich eine Reihe von magnetischen Observatorien geschaffen, an welchen nicht blos absolute Bestimmungen der magnetischen Elemente von Zeit zu Zeit ausgeführt, sondern auch die Veränderungen derselben beobachtet worden sind. An mehreren dieser Observatorien ist der Stand der Magnetnadel sogar stündlich aufgezeichnet worden und sind aus diesen Beobachtungen die nachstehenden Resultate abgeleitet worden.

Sowohl die Richtung als die Stärke der erdmagnetischen Kraft unterliegt einer täglichen, also alle 24 Stunden wiederkehrenden Aenderung, welche sich in unseren Gegenden im Wesentlichen durch folgende Sätze characterisiren läßt.

Die Declinationsnadel erreicht, wie dies schon Hiorter gefunden hatte, ihren östlichsten Stand etwa um 8 Uhr Morgens, sie bewegt sich nun gegen Westen

bis um 2 Uhr Mittags und kehrt am Nachmittage und die Nacht hindurch mit nicht ganz regelmäßiger Bewegung auf ihren ursprünglichen Stand zurück.

Die Neigung der Magnetnadel ist am größten um 10 Uhr Morgens, sie wird von da an bis um 10 Uhr Abends immer kleiner, sodann nimmt sie allmälig, jedoch nicht ganz regelmäßig fortschreitend, wieder zu und erreicht ihren ursprünglichen Stand am nächsten Morgen um 10 Uhr.

Bei der Totalintensität finden wir ganz die gleichen Wendepuncte wie bei der Inclination, jedoch im umgekehrten Sinne, d. h. sie ist am kleinsten um 10 Uhr Morgens, am größten um 10 Uhr Abends.

Die Bewegung ist jedoch im Laufe des Jahres bei allen drei Elementen nicht von gleicher Größe; im Sommerhalbjahre ist sie größer, kleiner in der Winterhälfte des Jahres, auch treten die Wendepunkte früher oder später ein, ohne daß übrigens der allgemeine Character der Bewegung ein anderer wird.

Diese Sätze haben nicht blos für die ganze nördliche, sondern auch für die südliche Hemisphäre ihre Gültigkeit; nur finden auf letzterer alle Bewegungen im entgegengesetzten Sinne statt, d. h. überall da, wo im Norden eine westliche Bewegung oder eine Zunahme statthat, findet sich im Süden eine östliche Bewegung oder Abnahme. Da außerdem der Winter auf der südlichen Halbkugel gleichzeitig mit dem Sommer der nördlichen Hemisphäre eintritt, so ist die Bewegung südlich vom Aequator in derselben Zeit am kleinsten, wo sie nördlich vom Aequator ihren größten Werth erreicht.

Die Größe der täglichen Bewegung ist jedoch nicht

blos im Sommerhalbjahr eine andere als im Winterhalbjahr. Lamont hat durch Vergleichung seiner Beobachtungen mit denen von Beaufoy in Bushy Heath (1813—20) und denen von Cassini in Paris (1783—1788) nachgewiesen, daß eine stetige Zu- und Abnahme der Größe der täglichen Bewegung der Declinationsnadel in einer regelmäßigen Periode von 10⅓ Jahren stattfindet; auch für die Intensitätsveränderungen wurde die gleiche Periode nachgewiesen. Dieses Resultat bietet aus dem Grunde ein ganz besonderes Interesse, weil damit eine andere merkwürdige Naturerscheinung im Zusammenhange steht.

Die Sonne bietet bekanntlich dem Beobachter, wenn er sich eines mit einem geeigneten Blendglase versehenen Fernrohres bedient, keine gleichförmige Oberfläche dar, sondern es zeigen sich fast immer auf derselben dunkle Stellen, oft von beträchtlicher Ausdehnung — die Sonnenflecken.*) Dabei ist die Sonnenoberfläche ungemein veränderlich, ihr Ansehen bleibt auch nicht einen Tag ganz gleich. Es kann hier übrigens nicht unsere Aufgabe sein, auf diesen Gegenstand, der in einem anderen Bande der Naturkräfte ausführlich behandelt ist, näher einzugehen; wir mußten die Sonnenflecken aus folgendem Grunde erwähnen. Wenn man nämlich die Zahlen betrachtet, welche die Häufigkeit der Sonnenflecken für die einzelnen Jahre angeben, so zeigt sich — wie Sabine und Wolf fast gleichzeitig nachgewiesen haben, — daß

*) Siehe darüber „Zech, Himmel und Erde, 5. Bd. der Naturkräfte pag. 114 ff.

auch hier eine zehnjährige Periode statthat, welche mit der Lamont'schen Periode in der Weise genau übereinstimmt, daß die Sonnenflecken in größter Anzahl sichtbar sind, wenn die tägliche Periode der magnetischen Variationen am größten ist und umgekehrt.

Die Größe der täglichen Bewegung ist ferner nicht an allen Puncten der Erdoberfläche zu gleichen Zeiten gleich groß. So betrug sie im Sommer 1842 für die Declination in München 9 Minuten, in Petersburg 10 Minuten, in Barnaul blos 7 Minuten. Ob dabei aber ein Zusammenhang mit der geographischen Lage der einzelnen Orte statthabe, läßt sich zur Zeit noch nicht feststellen, da die vorhandenen Bestimmungen hiezu durchaus nicht zahlreich und vollständig genug sind.

Ich muß jetzt meine Leser wieder an den Bericht Hiorter's erinnern und zwar ganz besonders an die Entdeckung der sogenannten magnetischen Störungen. Beobachtet man mit den genauen Instrumenten der Gegenwart die Veränderungen der magnetischen Elemente von Stunde zu Stunde, wie dies z. B. an der Münchener Sternwarte, welche die längste derartige Beobachtungsreihe aufzuweisen hat, seit dem Jahre 1840 geschieht, so findet man, daß gewöhnlich die Bewegung der Magnetnadel eine ganz ruhige und langsame ist, und daß in der Regel die Richtung des Erdmagnetismus sich nie über 2 Minuten, die Stärke nicht über den fünftausendsten Theil innerhalb einer Stnnde verändert. Tritt nun aber eine Störung ein, so zeigt sich plötzlich eine Unruhe im Stande der Instrumente und die Nadeln zeigen scheinbar ganz regellose Bewegungen, die oft mit

solcher Schnelligkeit vor sich gehen, daß man sie gar nicht mehr vollständig im Detail zu verfolgen im Stande ist.

Es war eine der Hauptaufgaben, die sich die Mitglieder des magnetischen Vereins stellten, diese Bewegungen bei den Störungen näher zu studiren, und es ist auch in der That gelungen, mehrere allgemeine gesetzmäßige Beziehungen in denselben aufzufinden. Eine glänzende Bestätigung hat insbesondere der bereits von Celsius und Hiorter entdeckte Zusammenhang zwischen den Störungen und den Nordlichtern gefunden.

Wir könnten zum Beweise dieses Satzes eine so große Menge von Belegen, d. h. von gleichzeitig beobachteten Nordlichtern und magnetischen Störungen beibringen, daß damit allein ein ganzer Band unseres Werkes ausgefüllt würde. Nicht uninteressant dürfte es jedoch sein, wenn wir auch hier die Schilderung beifügen, welche schon im Jahre 1777 der schwedische Gelehrte Wilcke in seiner Abhandlung „Von den jährlichen und täglichen Bewegungen der Magnetnadel in Stockholm" gegeben hat; wir folgen dabei einem um den Erdmagnetismus sehr verdienten Forscher, nämlich Kreil.

Wilcke sagt am angeführten Orte, daß sich das Centrum der sogenannten Nordlichtsonne, die bekanntlich in nördlichen Gegenden nicht weit vom Zenith steht, und bisweilen nach allen Himmelsgegenden, gleichsam ein Zelt bildend, die schönsten Strahlen verbreitet, auf das Genaueste in derselben Richtung zeigt, welche die Neigungsnadeln ausweisen, nämlich damals in Stockholm ungefähr in 75° Höhe gegen Süden in der Vertical-

Ebene, welche so wie die Declination etwa 14° vom astronomischen Meridiane abwich.

Diese Sonne ist, wie schon andere Gelehrte gezeigt haben, nichts als eine optische Projectionsfigur, welche die nach dieser Richtung parallel emporsteigenden Strahlen des Nordlichtes in unserem Auge und Urtheil am scheinbaren Himmelsgewölbe erzeugen.

Die Nordlichtflammen streichen sonach gerade in derselben Richtung empor, welche die Magnetkraft, wenn sie allein waltet, den Inclinationsnadeln ertheilt. Was Wunder dann, daß die Nordlichter, so lange sie dieser Magnetrichtung folgen, nicht im Geringsten die Neigungsnadeln berühren, die sich blos vertical bewegen können, sondern nur dann auf diese Nadeln eine deutliche Wirkung äußern, wenn die oben erwähnte Nordlichtsonne ihre Lage ändert. Dies habe ich, sagt Wilcke, nun auch mehrere Male deutlich bemerkt: die Neigungsnadel, welche bei den stärksten Nordlichtern so lange still gewesen ist als der Mittelpunct der Nordlichtkrone seine gewöhnliche Stelle einnahm, hat durch eine merkliche Veränderung von 10, 15, 20, ja 60 Minuten zu erkennen gegeben, daß dieser Mittelpunct wirklich einige Grade höher hinauf oder weiter hinab gerückt ist, und daß sich somit die Nordlicht- und Magnetrichtung zugleich geändert habe. Hiezu kommt noch ein anderer Umstand bei der horizontalen Abweichungsnadel selbst, daß sich nämlich ihre Nordspitze, die sonst immer in einer Ebene mit dem Gradbogen steht,

bei solchen Gelegenheiten merklich hinab gesenkt und gleichsam schwerer geworden ist, wie mir denn dies während des prächtigen rothen Nordlichtes den 18. Januar 1770 begegnete; oder sich auf einmal erhoben und unten am Glase angeschlagen hat, welches unter andern dreimal nach einander den 15. December 1765 geschah, während das Nordlicht gewaltig im Zenithe flammte.

Kreil hat in seinem astronomisch-meteorologischen Jahrbuche für Prag vom Jahre 1844 eine Zusammenstellung von 200 Nordlicht-Erscheinungen gegeben, bei welchen blos in einigen zwanzig Fällen nicht gleichzeitig eine Störung an irgend einem der damals bestehenden magnetischen Observatorien beobachtet worden ist. Bei dem schönen Nordlichte vom 24. Oktober 1870, das wohl viele unserer Leser beobachtet haben, war schon um 2 Uhr Mittags in den magnetischen Instrumenten der Münchener Sternwarte eine beträchtliche Störung wahrgenommen worden, die auch am folgenden Tage noch fortdauerte, wo gleichfalls am Abend ein großes Nordlicht an vielen Orten gesehen worden ist. Kurz, seitdem die beiden Erscheinungen: Nordlichter und magnetische Störungen aufmerksamer beobachtet wurden, ist an einem inneren Zusammenhange derselben nicht mehr zu zweifeln, und es ist nur zu bedauern, daß das Nordlicht selbst uns seinem Wesen nach noch so wenig bekannt ist, daß ein näherer Einblick in diesen Zusammenhang uns wohl auf längere Zeit hinaus verborgen sein dürfte.

Wie wir auf der nördlichen Halbkugel der Erde

Nordlichter beobachten, so sehen die Bewohner der südlichen Hemisphäre gegen Süden die gleiche Lichterscheinung als Südlicht und auch für diese Südlichter haben die Beobachtungen auf St. Helena, Van Diemens Island, Melbourne das Zusammentreffen mit den magnetischen Störungen in gleicher Weise nachgewiesen.

Aber nicht blos mit den Polarlichtern stehen die magnetischen Störungen in Beziehung; es hat auch ein solcher Zusammenhang mit den Erdbeben statt, wie dies die beiden folgenden von Lamont beobachteten Fälle allein schon zur Genüge beweisen.

„Am 18. April 1842 — so erzählte Lamont — um 10 Minuten nach 9 Uhr Morgens sah ich zufälliger Weise bei dem Declinations-Instrumente nach als die Nadel plötzlich einen Stoß erhielt, daß die Scala aus dem Gesichtsfelde des Fernrohres (womit die Veränderungen der Stellung der Magnetnadel beobachtet werden) hinausfuhr; die Schwingungen dauerten einige Zeit fort, und endlich stellte sich die gewöhnliche Ruhe wieder her. Einige Tage später erhielt ich Nachricht von Colla in Parma, daß er heftige Oscillationen der Nadel beobachtet habe und die Vergleichung zeigte, daß die Bewegung in Parma in demselben Augenblicke, wie in München, eintrat. Kurze Zeit darnach wurde der Bericht eines französischen Ingenieurs über ein heftiges Erdbeben, welches er in Griechenland beobachtet hatte, bekannt gemacht, und nun ergab sich, daß das Erdbeben in derselben Minute stattgefunden hatte, wo die heftige Bewegung der Nadel in Parma und München bemerkt worden war.“

Am Schlusse des Jahres 1861 schreibt Lamont an den Herausgeber der Annalen der Physik, Professor Poggendorf in Berlin: „Am 26. December 1861, als ich um 8 Uhr Morgens den Stand der magnetischen Instrumente aufzeichnete (wovon im magnetischen Observatorium sechs aufgestellt sind, nämlich zwei für Declination, zwei für Intensität und zwei für Inclination), bemerkte ich an sämmtlichen Instrumenten eine ungewöhnliche Unruhe, bestehend darin, daß der Stand schnell und unregelmäßig um mehrere Theilstriche zu- und wieder abnahm und zugleich ein Zittern in verticaler Richtung eintrat. Das Zittern der Nadeln hielt nur kurze Zeit an, die schnellen Aenderungen des Standes aber dauerten, allmählig an Heftigkeit nachlassend, bis gegen 8½ Uhr fort. Einige Tage später traf die Nachricht ein, daß genau mit obiger Beobachtung gleichzeitig ein Erdbeben an verschiedenen Puncten Griechenlands große Verwüstungen angerichtet hatte."

Ueberblicken wir diese Hauptresultate, welche die bisherigen Beobachtungen über den Erdmagnetismus ergeben haben, so zeigt sich, daß wir es allerdings mit höchst merkwürdigen Thatsachen zu thun haben, daß aber das vorhandene Material noch immer nicht ausreichend ist, um alle diese Thatsachen sowohl unter sich als mit anderen Naturkräften in einen inneren Zusammenhang bringen zu können. Die Thätigkeit des magnetischen Vereines ist deshalb noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Freilich erfordert die Weiterführung des Gegenstandes die größte Ausdauer und äußere Hilfsmittel, wie sie blos reicher dotirten An-

stalten zur Verfügung stehen. Hoffen wir, daß es auch hier dem wahren wissenschaftlichen Eifer gelingen werde, die Schwierigkeiten zu überwinden, die immer da entgegenstehen, wo es sich darum handelt, Großes zu leisten.

---

2. Die Electrischen Fundamental-Erscheinungen.

Die Griechen kannten schon im Alterthume die merkwürdige Eigenschaft, welche der Bernstein erlangt, wenn man ihn mit einem Stückchen Wolle reibt; bringt man nämlich das geriebene Bernsteinstück in die Nähe von leichten Körperchen, wie Papierschnitzeln, den Theilen eines Federbartes u. dergl., so werden diese lebhaft gegen den Bernstein hin angezogen.

Der englische Arzt und Physiker Gilbert, den wir bereits im vorigen Abschnitte kennen gelernt haben, berichtet um das Jahr 1600, daß die angeführte Eigenschaft nicht blos dem Bernsteine zukomme; er fand sie auch am Glase, dem Schwefel, den Harzen und verschiedenen Edelsteinen vor. Wir wissen gegenwärtig, daß diese geheimnißvolle Eigenschaft im Grunde genommen allen Körpern zukommt; wir bezeichnen jedoch die Kraft, womit die leichten Körperchen von einem geriebenen Körper angezogen werden, selbst jetzt noch als Electricität, welches Wort dem Electron — so nannten die alten Griechen den Bernstein — seine Entstehung verdankt.

Es ist durchaus nicht schwierig, die genannte

electrische Anziehungserscheinung zu erhalten. Man hat nur nöthig, eine Siegellackstange mit einem wollenen Lappen zu reiben und sie dann in die Nähe von kleinen Papierschnitzeln zu halten; letztere werden lebhaft von der Siegellackstange angezogen, sobald sie dieselbe jedoch berührt haben, sogleich wieder abgestossen. Man kann statt der Siegellackstange auch einen Glasstab nehmen, den man an einem mit Quecksilberamalgam bestrichenen Leder gerieben hat, und wird nun die gleiche Erscheinung beobachten.

Wir wollen jedoch von Anfang an unsere Versuche systematisch anstellen und uns, um diese Anziehung besser studiren zu können, einen kleinen, übrigens ganz einfachen Apparat construiren. In einen kleinen Holzfuß, der etwa die in der folgenden Figur 10 angegebene Form haben kann, stecken wir einen rund abgebogenen und mit einem Häckchen versehenen dünnen Glasstab. (Fig. 10.)

Sodann schneiden wir aus Hollundermark ein kleines Kügelchen aus und hängen dieses mittelst eines Seidenfadens an dem Häckchen auf. Dieser kleine Apparat kann uns dazu dienen, das Vorhandensein der Electricität nachzuweisen — er ist ein *Electroscop* und wird gewöhnlich das *electrische Pendel* genannt.

Wird nun ein geriebener Glasstab in die Nähe der Hollundermarkkugel des electrischen Pendels gehalten, so wird dieselbe angezogen, hat sie den Glasstab berührt, so wird sie abgestossen.

Nimmt man anstatt des Glasstabes eine geriebene Siegellackstange, so erhält man die gleiche Erscheinung —

das Pendel wird angezogen, nach der Berührung aber sogleich abgestossen.

Will man versuchen, in gleicher Weise einen Metallstab, den man in der Hand hält, durch Reiben electrisch zu machen, so wird dies nicht gelingen; man wird nie auch nur die geringste Anziehung am Hollundermark-

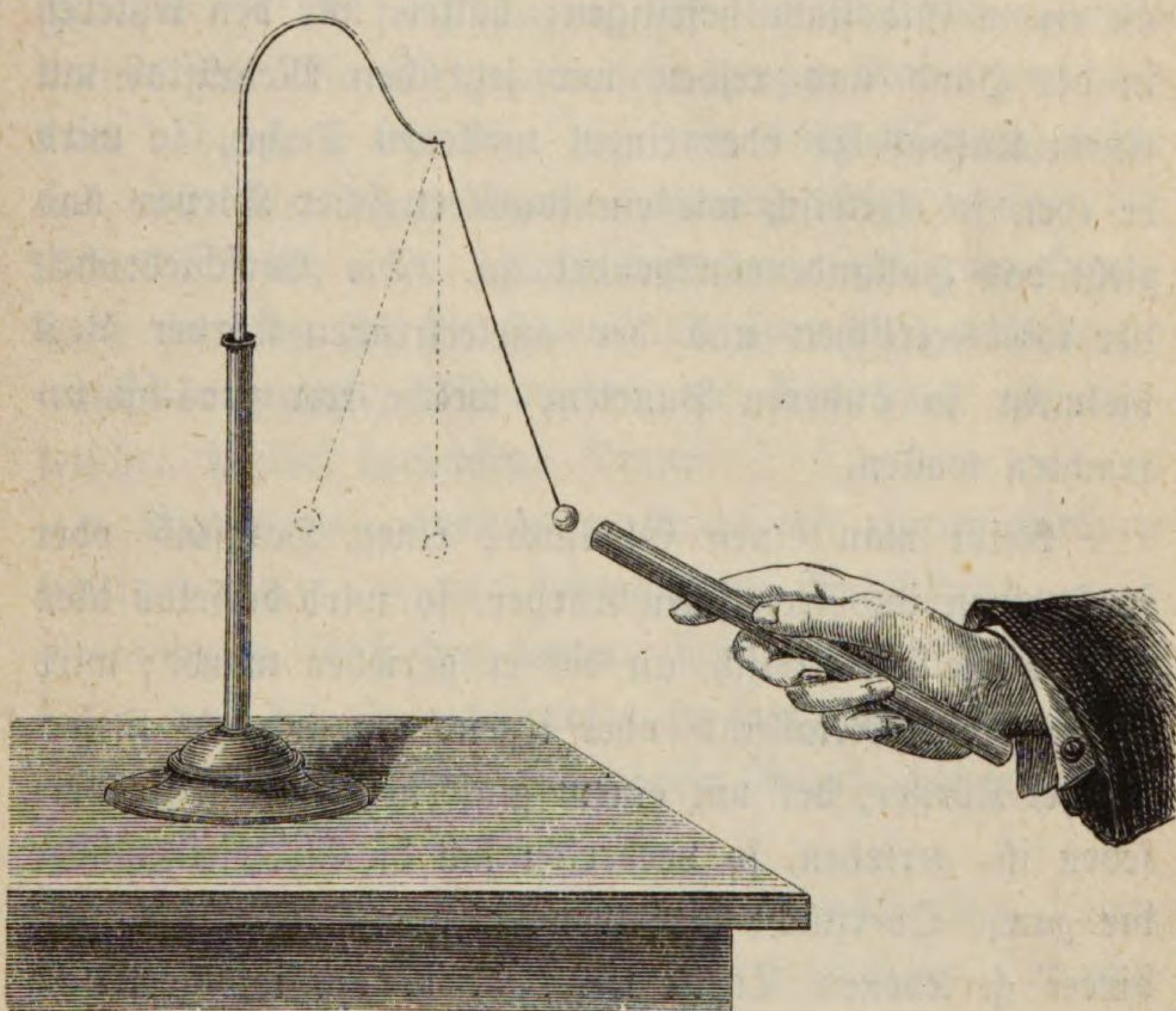


Fig. 10.

pendel erhalten. Man theilte deshalb in früherer Zeit die sämmtlichen Körper in zwei Klassen: die Körper der ersten Klasse werden durch Reiben electrisch — man nannte sie idioëlectrische Körper, die Körper der

zweiten Klasse werden durch einfaches Reiben nicht electrisch — sie wurden anelectrische Körper genannt. Diese Eintheilung ist jedoch nicht richtig, wie zuerst der englische Physiker Gray im Jahre 1727 nachgewiesen hat; man darf nur eine kleine Vorsichtsmaßregel anwenden, um auch einen metallischen Körper electrisch zu machen. Wir wollen zu diesem Behufe den Metallstab an einem Glasstabe befestigen; halten wir den letzteren in der Hand und reiben wir jetzt den Metallstab mit einem Katzenpelze oder einem wollenen Tuche, so wird er eben so electrisch wie ein idioëlectrischer Körper und zieht das Hollundermarkpendel an. Die Verschiedenheit der idioëlectrischen und der anelectrischen Körper liegt vielmehr in anderen Puncten, welche wir zunächst betrachten wollen.

Reibt man einen Glasstab, einen Harzstab oder sonst einen idioëlectrischen Körper, so wird derselbe blos an der Stelle electrisch, an der er gerieben wurde; wird dagegen ein Metallstab oder irgend ein anderer anelectrischer Körper, der mit einem gläsernen Handgriffe versehen ist, gerieben, so verbreitet sich die Electricität über die ganze Oberfläche desselben, also auch über die nicht direct geriebenen Theile weg, d. h. der idioëlectrische Körper hat blos an der geriebenen Stelle die Fähigkeit erhalten, unser Hollundermarkpendel anzuziehen, der anelectrische Körper hat dieses Vermögen an jeder Stelle erlangt. Beim anelectrischen Körper pflanzt sich die Electricität über seine ganze Oberfläche fort, er ist ein sogenannter Leiter der Electricität, der idioëlectrische Körper gestattet der Electricität keine weitere Verbreitung

über die Stellen hinaus, wo das Reiben stattfand, er ist ein schlechter Leiter — oder weniger gut ausgedrückt, ein Nichtleiter — der Electricität. Da der menschliche Körper selbst ein guter Leiter ist, so wird sich die Electricität, wenn wir einen Metallstab, den wir in der Hand halten, reiben, von diesem weg über den menschlichen Körper zur Erde, welche gleichfalls ein sehr guter Leiter ist, fortpflanzen. Die entwickelte Electricität breitet sich also über einen sehr großen Raum aus und wird dadurch so schwach, daß wir keine Wirkung mehr auf unser Electroscop erhalten können. Sitzt dagegen der Metallstab auf einer schlecht leitenden, gläsernen Handhabe, so kann sich die Electricität über diese nicht mehr weiter verbreiten, wir werden die Anziehung am electrischen Pendel beobachten können.

Bringt man einen guten Leiter mit einem schlechten Leiter der Art — wie bei unserem Metallstabe — in Verbindung, daß der letztere sich zwischen dem guten Leiter und der Erde befindet, so sagt man, der Leiter sei isolirt und nennt aus diesem Grunde die schlechten Leiter auch Isolatoren.

Daß die atmosphärische Luft ein schlechter Leiter der Electricität ist, geht aus den bisherigen Betrachtungen unmittelbar hervor; denn wäre dies nicht der Fall, so würde sich die durch Reiben an einem Körper hervorgerufene Electricität sogleich in die Luft fortpflanzen und so unserer Wahrnehmung vollständig entziehen. Der Grad der Leitungsfähigkeit der Luft ist jedoch sehr veränderlich und diese Veränderlichkeit rührt von dem stets in mehr oder weniger großer Menge in

der Luft vorhandenen Wasserdampfe her. Je trockener die Luft ist, ein um so schlechterer Leiter wird sie für die Electricität. Feuchte Luft ist immer ein guter Leiter und daher kommt es, daß es bei feuchter Witterung ungemein schwierig ist, gute electrische Wirkungen zu erhalten, weil die Electricität sich sehr schnell von dem electrisirten Körper aus in die Luft verbreitet. Aus dem gleichen Grunde muß man bei allen electrischen Experimenten vermeiden, daß sich die isolirenden Theile der Apparate mit Wasserdampf beschlagen, denn diese Theile hören dann sofort auf, ihre isolirende Eigenschaft beizubehalten, weil die Electricität sich über die Oberfläche des Wasserdampfes, der ein sehr guter Leiter ist, hin ausbreitet. Man muß deshalb bei den Versuchen immer durch Erwärmen, durch Abreiben der einzelnen Theile der Apparate 2c. dafür Sorge tragen, daß Alles sich in möglichst trockenem Zustande befindet.

Wir wollen jetzt unsere Versuche am Hollundermarkpendel mit verschiedenen Körpern fortsetzen, um neue Erscheinungen und Thatsachen constatiren zu können.

Wir nehmen noch einmal den geriebenen Glasstab, lassen das Hollundermarkkügelchen anziehen, berühren und sodann abstossen. Entfernen wir den Glasstab und nähern wir ihn dann von Neuem, so stößt er das Pendel immer wieder ab. Berühren wir die Hollundermarkkugel mit der Hand und nähern dann den Glasstab, so wird sie sogleich wieder angezogen.

Durch die Berührung mit der Hand wurde also die Electricität, welche von dem Glasstabe auf die Hollundermarkkugel übergegangen war, durch den menschlichen

Körper hindurch zur Erde abgeleitet, das Pendel wurde dadurch in seinen natürlichen — neutralen — Zustand zurückversetzt und so wieder fähig gemacht, die Anziehungserscheinung von Neuem einzugehen.

Wir electrisiren nun das Pendel neuerdings durch einen geriebenen Glasstab; nachdem es von demselben abgestossen wird, wollen wir den Glasstab entfernen und an seine Stelle eine geriebene Harzstange bringen, — die Kugel wird von dieser sogleich wieder angezogen.

Kehren wir den Versuch um.

Electrisiren wir das Pendel durch eine geriebene Harzstange und nähern wir jetzt der abgestossenen Hollundermarkkugel den geriebenen Glasstab, so findet wieder die Anziehung statt. Wir sehen also, daß sich die am Glase und am Harze entwickelten Electricitäten verschieden verhalten.

Untersuchen wir die verschiedenartigsten Körper in der angegebenen Weise, so wird sich zeigen, daß sie alle sich entweder wie das Glas oder wie Harz verhalten. Die eine Klasse von Körpern stößt ein vorher an einem Harzstabe electrisirtes Pendel ab, zieht dagegen ein Pendel an, welches durch Berührung mit einem geriebenen Glasstabe vorher electrisirt worden war. Umgekehrt verhalten sich die anderen Körper, sie ziehen das vom Harzstabe zuvor electrisirte Pendel an und stossen das Pendel ab, das an einem Glasstabe electrisirt wurde. Man unterscheidet deshalb zweierlei Electricitätsäußerungen: die Harzelectricität, welche durch Reiben eines Siegellackstabes an einem wollenen Tuche hervorgerufen wird, und die Glaselectricität, welche entsteht, wenn

man einen Glasstab mit amalgamirtem Leder gerieben hat. Die Glaselectricität heißt man auch die positive, die Harzelectricität die negative Electricität. Diese letztere Bezeichnungsweise verdient sogar den Vorzug, weil man durch zahlreiche Versuche gefunden hat, daß die Electricitätsäußerung, welche an einem Körper durch Reiben entsteht, je nach der Natur des reibenden Körpers gerade entgegengesetzt werden kann.

Aus unseren bisherigen Versuchen ergibt sich nun unmittelbar der Satz: Zwei gleichnamig electrisirte Körper (beide positiv oder beide negativ) stossen einander ab, zwei ungleichnamig electrisirte Körper (der eine positiv und der andere negativ) ziehen einander an.

Wir wollen diesen ungemein wichtigen Satz durch ein paar weitere Experimente noch näher begründen. Zu diesem Behufe hängen wir an dem Häckchen unseres Pendelstatives zwei Hollundermarkkügelchen an seidenen Fäden auf. Im natürlichen Zustand hängen dieselben dann vertical neben einander herab. Sowie wir einen geriebenen Glasstab in die Nähe bringen, werden die beiden Kügelchen angezogen, gelangen in Berührung mit dem Glasstabe, werden dadurch positiv electrisch und also beide vom Glasstabe abgestossen. Entfernt man den Glasstab, so fahren die Kügelchen fort, sich abzustossen, da sie beide die gleichnamige Electricität erhalten haben. Das Resultat wird ganz analog, wenn man die Kügelchen mittelst einer geriebenen Harzstange negativ electrisirt, beide Kügelchen stossen sich nach Entfernung der Harzstange ab.

Um den zweiten Theil unseres Satzes zu beweisen, nehmen wir zwei Hollundermarkpendel. Dem einen theilen wir auf die angegebene Weise positive, dem anderen negative Electricität mit. Sobald man die beiden Pendel sodann einander nähert, ziehen sie sich gegenseitig an.

Man könnte nach dem Bisherigen vielleicht geneigt sein zu glauben, daß blos der geriebene Körper beim Reiben electrisch wird; allein dies ist nicht richtig, auch der reibende Körper wird dabei electrisch und zwar entgegengesetzt electrisch. Man befestige, um dies zu beweisen, eine Glasscheibe und ebenso eine mit amalgamirtem Leder überzogene Holzscheibe an isolirenden (gläsernen) Handgriffen, reibe die beiden Scheiben aneinander und untersuche sie sodann am Pendelelectroscope, so wird man finden, daß die geriebene Glasscheibe positiv, das reibende Leder an der Holzscheibe negativ electrisch geworden ist.

Die Electricität besitzt die eigenthümliche Eigenschaft, daß sie sich blos auf der Oberfläche der Körper verbreitet und nicht in das Innere derselben eindringt. Nehmen wir z. B. eine Messingkugel, welche auf einen isolirenden Glasfuß aufgesetzt ist, und über welche genau zwei Halbkugeln, gleichfalls aus Messing, passen, die aber mit gläsernen Handgriffen versehen sind.

Wir theilen nun der vollen Kugel Electricität mit, bringen die Halbkugeln darüber und ziehen sie sogleich darauf wieder auseinander. Nähern wir nun die volle Kugel unserem Pendelelectroscope, so findet keine Anziehung statt; die Halbkugeln dagegen sind electrisch geworden

und die Electricität ist also von der Oberfläche der vollen Kugel auf die Oberfläche der beiden Halbkugeln übergegangen.

Für unsere weiteren Versuche wollen wir übrigens unser Electroscop dahin abändern, daß wir wieder zwei Hollundermarkpendel an dem Häckchen des abgebogenen Glasstabes aufhängen, aber diesmal nicht an seidenen Fäden, sondern an zwei ganz feinen Aluminiumdrähten.

Das Aluminium ist nämlich einmal als Metall ein guter Leiter für die Electricität, es ist ferner ungemein leicht und eignet sich also ganz besonders für unseren Zweck. Sowie wir nun einen electrisirten Körper mit dem oberen Ende der beiden Aluminiumdrähte in Berührung bringen, so geht die Electricität auf diese Drähte und die Hollunderkugeln über; die Folge davon ist, daß die beiden Pendel, weil mit gleichnamiger Electricität geladen, sich abstossen.

Um die isolirten Messingkugeln, die wir beim letzten Versuche gebrauchten, mit der neuen Einrichtung des Electroscopes bequem untersuchen zu können, wollen wir noch einen anderen kleinen Apparat zu Hilfe nehmen: das P r o b e s c h e i b c h e n. Dieses besteht einfach aus einem kreisrunden Stückchen Stanniol oder Blattgold, welches an einen isolirenden Glasstab angekittet ist. Halten wir den Stab in der Hand und berühren wir einen electrischen Körper mit dem Stanniolscheibchen, so geht ein Theil seiner Electricität auf dieses über; berühren wir dann mit dem so electrisirten Probescheibchen die Aluminiumdrähte unseres Electroscopes, so wird eine

Abstoßung der beiden Pendel das Vorhandensein der Electricität constatiren.

Man nehme nun wieder (Fig. 11) eine hohle

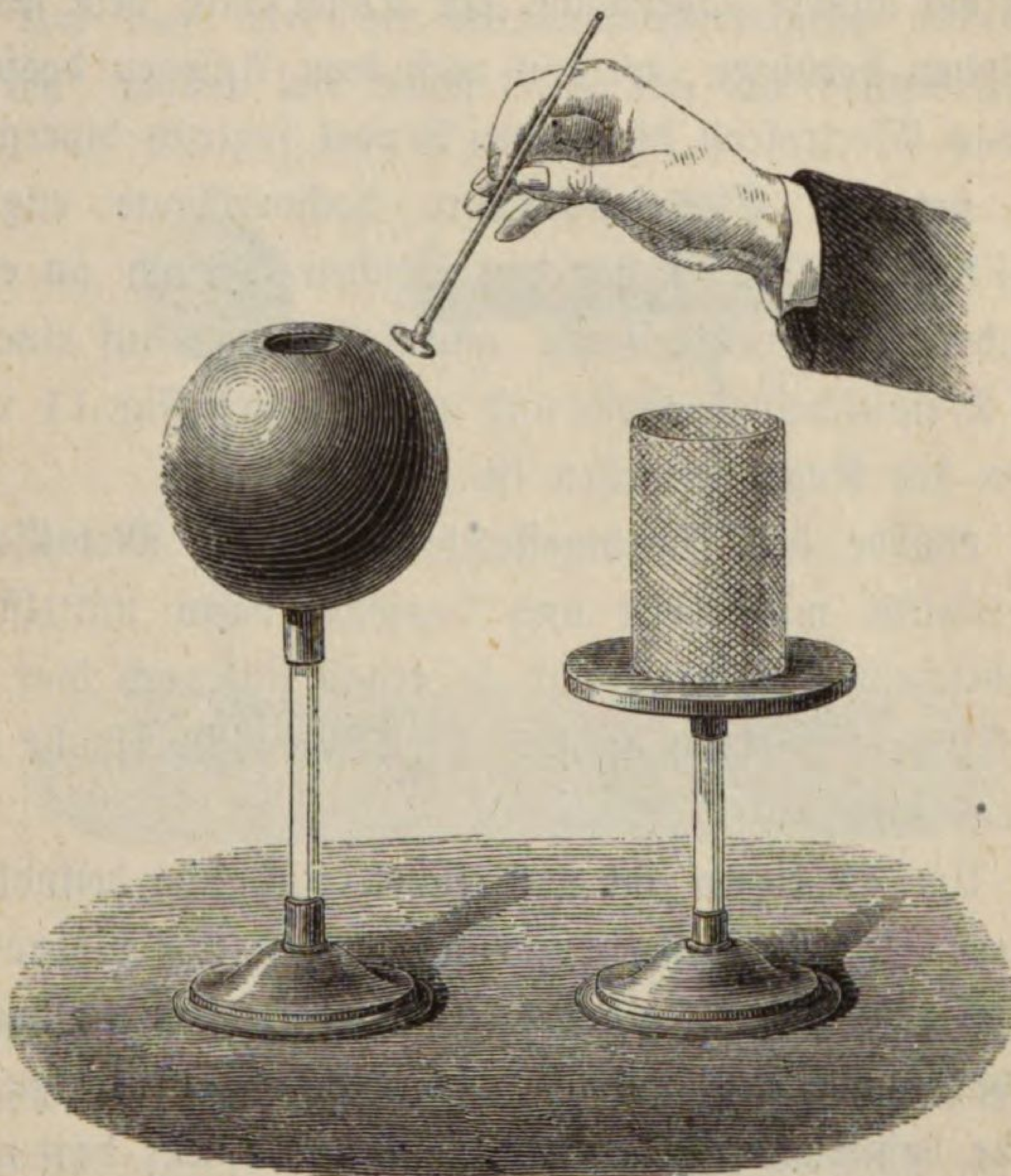


Fig. 11.

Messingkugel, die auf einem Glasfuße steht und oben ein Loch hat, das hinreichend groß ist, um mit dem Probescheibchen in das Innere hineinfahren zu können. Wird der Kugel Electricität mitgetheilt, dann das Probescheibchen vorsichtig, ohne an dem Rande des Loches anzustreifen, in das Innere derselben eingelassen und damit die innere Oberfläche der Kugel berührt, so zeigt sich

nach dem Herausnehmen an unserem Electroscope, daß keine Electricität vorhanden ist, das Metall der Kugel mag so dünn als möglich genommen sein. Sowie wir aber die äußere Oberfläche der Kugel mit dem Probescheibchen berühren, werden nach dem Anlegen desselben an das Electroscop die beiden Pendel sogleich divergiren. Der um die Electricitätslehre hochverdiente englische Physiker Faraday hat den gleichen Versuch an einem cylindrischen Drahtgeflechte angestellt, das auf eine isolirte Metallscheibe gestellt und in der letzten Fig. 11 rechts neben der Kugel zu sehen ist.

Wurde dem Drahtgeflechte durch die Metallscheibe Electricität mitgetheilt und dasselbe dann mittelst des Probescheibchens untersucht, so ergab sich auch hier, daß die Electricität blos an der äußeren Oberfläche vorhanden war.

Um an einem im natürlichen Zustande befindlichen Körper Electricität hervorzurufen, haben wir bisher zwei Mittel in Anwendung gebracht: entweder wir hatten den Körper mit einem anderen, gleichfalls im neutralen Zustande befindlichen Körper gerieben oder wir hatten den ersteren Körper mit einem zweiten bereits electrisirten Körper in Berührung gebracht. Wir wollen nun eine neue Art der Electricitätserregung kennen lernen, welche darin besteht, daß man einem im natürlichen Zustande befindlichen Körper einen zweiten bereits electrischen Körper blos nahe bringt. Wir haben dann in der Wirkung einige Analogie mit der magnetischen Induction; man sagt übrigens hier, der Körper sei durch Influenz electrisch geworden und nennt den ersteren (im neutralen

Zustande befindlichen) Körper den influencirten, den anderen (bereits electrischen) Körper den influencirenden.

Um diese Art der Electricitätserregung näher zu studiren, wollen wir einen (Fig. 12) an beiden Enden

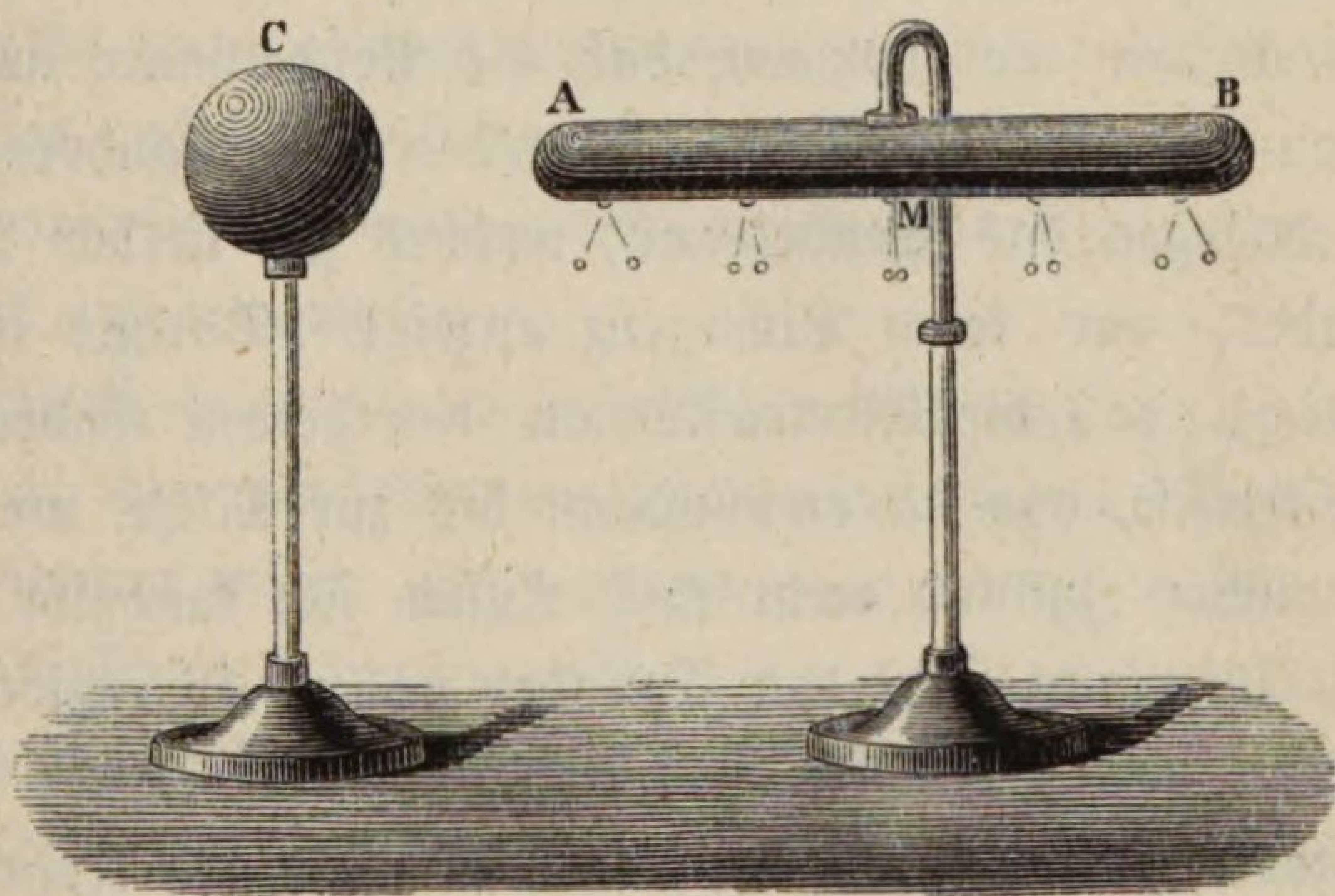


Fig. 12.

sorgfältig abgerundeten (den Grund dieser Einrichtung werden wir bald kennen lernen) Metallcylinder A B auf einen isolirenden Glasfuß aufsetzen und zunächst an den beiden Enden desselben Hollundermarkpendelpaare an Aluminiumdrähten aufhängen. Solange der Metallcylinder unelectrisch ist, werden die beiden Pendelpaare vertical herabhängen. Wir bringen nun in die Nähe — durch Luft oder einen anderen Isulator getrennt — eine auf einem Glasfuße befindliche, bereits electrisirte Metallkugel C; sogleich werden die Pendel durch die Abstossung divergiren, was beweist, daß durch das Nahebringen der electrischen Kugel C in dem Metallcylinder A B

Electricität durch Fernewirkung — Vertheilung, Influenz — hervorgerufen wurde.

Wir wollen nun an unserem isolirten Metallcylinder eine Reihe von Pendelpaaren, an Aluminiumdrähten aufgehängt, anbringen, wie dies die vorstehende Fig. 12 zeigt. Stellen wir dann die electrisirte Kugel in seine Nähe, so wird man wahrnehmen, daß die Pendelpaare an den Enden des Cylinders am weitesten auseinandergehen, daß dagegen das Pendelpaar, welches sich in der Mitte befindet, gar keine Divergenz anzeigt. Daraus ist ersichtlich, daß die Electricität an den beiden Enden am stärksten ist, von da an abnimmt bis zur Mitte, wo kein electrischer Zustand mehr nach Außen sich kundgibt.

Untersucht man den Cylinder näher, so ergibt sich, daß die beiden Hälften desselben nicht die gleiche Electricitätsäußerung insoferne zeigen als das der Kugel zugewendete Ende des Cylinders die entgegengesetzte Electricität, das abgewendete Ende die gleichnamige Electricität wie die Kugel durch deren Influenz erhalten hat. War also die Kugel positiv electrisch, so wird das derselben zugewendete Ende des Cylinders negativ, das abgewendete Ende positiv electrisch werden; war dagegen die Kugel negativ electrisch, so wird der Cylinder an dem der Kugel zugewendeten Ende positive, am andern Ende negative Electricität zeigen. Man kann sich hievon mittelst des Probescheibchens und des Electroscopes mit einem an einem Seidenfaden aufgehängten Hollundermarkkügelchen überzeugen. Theilt man diesem eine bestimmte Electricität, z. B. positive, mit, und hebt man mittelst des Probescheibchens nacheinander von den beiden

Hälften des Cylinders Electricität ab, so wird man aus der hervorgebrachten Anziehung oder Abstossung die Richtigkeit des oben ausgesprochenen Satzes sogleich ersehen.

Läßt man die electrisirte Kugel durch Annäherung an den Metallcylinder auf denselben influencirend einwirken und entfernt sie dann wieder, so verschwindet auch die auf dem Cylinder erregte Electricitätsäußerung, was man sogleich daran erkennt, daß die angebrachten Pendel zusammenfallen.

Stellt man hinter den Messingcylinder noch einen zweiten, der ebenfalls an den beiden Enden electrische Pendelpaare trägt, und bringt man in die Nähe des ersten Cylinders die electrisirte Kugel, so werden auch die Pendel auf dem zweiten Cylinder das Vorhandensein von Electricität anzeigen. Stellt man hinter den zweiten Cylinder noch einen weiteren, so zeigt auch dieser die gleiche Erscheinung; die influencirte Electricität wirkt also wieder influencirend.

Hatte die ursprünglich electrisirte Kugel positive Electricität, so zeigt der erste Cylinder am zugewendeten Ende negative, am abgewendeten Ende positive Electricität. Diese positive Electricität wirkt influencirend auf den zweiten Cylinder, so daß am zugewendeten Ende desselben wieder negative, am abgewendeten Ende positive Electricität auftritt, und so fort für die übrigen Cylinder.

Entfernt man die Kugel, so sinken alle Pendelpaare zusammen, die einzelnen Cylinder treten in den neutralen Zustand zurück.

Man nehme wieder den mit Pendelpaaren versehenen

Messingcylinder und bringe eine positiv electrisirte Kugel in seine Nähe; man berühre, nachdem die Pendel divergiren, das der Kugel abgewendete Ende des Cylinders mit dem Finger, so wird dadurch die positive Electricität dieser Hälfte zur Erde abgeleitet, das daselbst befindliche Pendelpaar sinkt zusammen. Entfernt man nun die Kugel oder entlädt man dieselbe durch Verbinden mit der Erde und entfernt man auch den Finger von dem abgewendeten Ende des Cylinders, so werden wieder die beiden Pendelpaare divergiren und eine nähere Untersuchung mit dem Probescheibchen zeigt, daß jetzt der ganze Cylinder mit negativer Electricität geladen ist. In gleicher Weise kann der Cylinder aber auch mit positiver Electricität geladen werden, wenn man der Kugel ursprünglich negative Electricität ertheilt und ebenso wie im vorhergehenden Falle operirt.

Bevor wir nun mit unseren Experimenten weiter fortfahren, wollen wir Einiges über die verschiedenen Ansichten mittheilen, welche man über das Wesen der Electricität bisher aufgestellt hat. Die frühesten Experimentatoren, worunter namentlich auch der berühmte Gilbert, welche von den electrischen Erscheinungen nichts kannten als die Anziehung und Abstossung, dachten sich die Sache so, daß ölichte und klebrige Ausflüsse von den geriebenen Körpern ausgehen und in dieselben wieder zurückfließen; man dachte sich diese Ausflüsse in Form eines Dunstkreises angesammelt und sprach deshalb von einer electrischen Atmosphäre. Wir könnten ähnliche Ansichen, welche theilweise sogar von berühmten älteren Physikern aufgestellt wurden, in großer Anzahl unseren

Lesern vorführen; wir wollen dies jedoch unterlassen und blos zwei Hypothesen etwas näher betrachten, welche sich zeitweise großes Ansehen verschafft hatten. Bei beiden Hypothesen stellt man sich die Electricität als eine äußerst feine, sehr bewegliche Flüssigkeit — das electrische Fluidum — vor. Die eine Hypothese, welche von Franklin aufgestellt wurde, nimmt die Existenz nur eines einzigen electrischen Fluidum's an; die andere Hypothese, von Dufay, dem Entdecker der beiden entgegengesetzten Electricitäten, aufgestellt und von dem Engländer Symmer weiter ausgebildet, setzt die Existenz zweier electrischer Fluide zur Erklärung der Fundamentalerscheinungen voraus.

Nach der Franklin'schen Ansicht besitzt ein jeder Körper im neutralen Zustande eine ganz bestimmte Menge electrischen Fluidums, welche von seiner Masse und Natur abhängig ist. Reibt man nun den Körper, so wird dadurch seine Electricität vermehrt oder vermindert; im ersteren Falle wird er positiv, im letzteren negativ electrisch. So einfach diese Hypothese erscheint, so lassen sich damit die electrischen Erscheinungen doch nur sehr mangelhaft erklären und sie verdankt das hohe Ansehen, das sie lange Zeit genossen hat, lediglich der Berühmtheit ihres Urhebers.

Nach der Dufay-Symmer'schen Hypothese sind die beiden electrischen Fluida bei einem im neutralen Zustande befindlichen Körper in gleicher Menge vorhanden und ihre Wirkung hebt sich gegenseitig auf. Wird jedoch ein Körper gerieben, so werden die beiden Fluida frei und der Körper wird electrisch. Reibt man einen

Glasstab, so sammelt sich auf demselben das positive, auf dem Reibzeuge das negative Fluidum an; umgekehrt bei einem geriebenen Harzstabe.

Nach dem gegenwärtigen Standpuncte der Wissenschaft können wir auch diese Ansicht nicht als richtig anerkennen, doch hat sie einen großen Vorzug vor der Franklin'schen, den nämlich, daß sie eine bequeme Darstellung und Classification einer großen Reihe von beobachteten Erscheinungen zuläßt, sie kann daher höchstens als ein geeignetes conventionelles Hilfsmittel, aber durchaus nicht als eine physikalische Wahrheit betrachtet werden.

Es wurde bereits der Nachweis geliefert, daß die Electricitätsäußerung blos an der Oberfläche der electrisirten Körper ausgebreitet ist; wir wollen nun einen wohl isolirten Leiter der Electricität nehmen und untersuchen, wie sich die Electricität auf der Oberfläche desselben vertheilt. Man kann dies mittelst eines genauen Electrometers z. B. der Coulomb'schen Drehwage und des Probescheibchens ausführen. Untersuchen wir die Stärke der Electricitätsäußerung an verschiedenen Puncten einer electrisirten Kugel, so finden wir, daß dieselbe an allen Puncten ihrer Oberfläche die gleiche ist. Die Gleichmäßigkeit der Vertheilung hört auf, sobald der isolirte Leiter nicht mehr die Kugelgestalt besitzt. Nehmen wir z. B. einen metallischen, an beiden Enden abgerundeten Cylinder, der auf einem Glasfuße steht, so nimmt die Stärke der electrischen Ladung von der Mitte nach den Enden hin zu. Coulomb, dem wir eine große Menge sehr genauer Messungen verdanken, fand z. B. bei einem solchen Cylinder von 8 Zoll Länge und

2 Zoll Durchmesser, daß, wenn er die Ladung in der Mitte gleich Eins setzte, dieselbe am Ende mehr als das Doppelte betrug.

Versieht man das eine Ende eines solchen Cylinders mit einer Metallspitze, so wird die Dichtigkeit, d. i. das Verhältniß der Electricitätsmenge zur Größe der Oberfläche an dieser Spitze unendlich groß werden; daher kommt es denn auch, daß die Electricität von einer solchen Spitze aus sich sehr leicht in die umgebende Luft ausbreitet, aus derselben gleichsam ausströmt.

Die Electrisirmaschine.

Man hat bisher zwei Arten der Electricitätserregung, nämlich die Reibung und die Influenz benützt, um Apparate herzustellen, welche die Electricität in großer Menge zu liefern im Stande sind, und die man Electrisirmaschinen nennt.

Der Erfinder der Electrisirmaschine ist der Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke (geb. 1602, gest. 1686), der sich durch eine Reihe von wichtigen Erfindungen, worunter besonders die der Luftpumpe hervorzuheben ist, einen berühmten Namen in der Wissenschaft gemacht hat.

Guericke ließ eine an einem hölzernen Gestelle angebrachte Schwefelkugel mittelst einer Curbel in Umdrehung versetzen, während er gleichzeitig die Kugel durch Anlegen der trockenen Hand rieb, wodurch Electricität entwickelt wurde.

Der Engländer Hawksbee nahm anstatt der Schwefelkugel eine Glaskugel, an welcher er gleichfalls durch Reiben mit der Hand Electricität entwickelte. Das

Reiben mit der Hand bot jedoch seine Schwierigkeiten dar, da nicht alle Menschen hinreichend trockene Hände besitzen, daß die Electricität auf solche Weise in größerer Menge erzeugt werden kann. Diesem Uebelstande half der Leipziger Professor Johann Heinrich Winckler in der Mitte des vorigen Jahrhunderts durch Anbringen von eigenen Reibkissen ab, welche mittelst Federn an das Glas angedrückt wurden; ein Drechsler in Leipzig, Namens Giessing, war es, der ihn auf diese Einrichtung geführt hatte.

Um die entwickelte Electricität anzusammeln, hatte man zuerst einen metallischen Cylinder — den Conductor — an seidenen Schnüren aufgehängt und ließ von ihm aus Silberschnüre herabgehen, welche den geriebenen Körper unmittelbar berührten.

Die Electrisirmaschine war sonach immer ein sehr unvollkommener Apparat und sie hatte vielfache Uebergangsstadien durchzumachen, bis sie zur gegenwärtigen Höhe der Vollendung gebracht werden konnte. Man hat dem geriebenen Glaskörper die mannichfachsten Formen gegeben; am häufigsten wurde jedoch eine ebene kreisförmige Glasscheibe verwendet. Wer zuerst die Scheibenform in Anwendung brachte, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen; soviel ist gewiß, daß um das Jahr 1766 der bekannte englische Mechaniker Ramsden bereits Maschinen mit runden Glasscheiben verfertigte, die allgemeinen Beifall fanden.

Große Berühmtheit erlangten ihrer Zeit die Maschinen, welche unter van Marum's Leitung von Cuthbertson in Amsterdam am Ende des vorigen Jahrhunderts gebaut wurden.

Die größte Maschine, welche wohl jemals ausgeführt wurde, hat der genannte Mechaniker für das Teyler'sche Museum in Harlem verfertigt. Acht Reibkissen erregten die Electricität an zwei Glasscheiben, deren jede 65 englische Zoll im Durchmesser hatte; der Conductor besaß eine Oberfläche von 23½ Quadratfuß und die Maschine gab bei günstiger Witterung 24 Zoll lange Funken.

So beträchtlich die Leistung dieser Maschine erscheinen mag, so hat doch van Marum bei kleinerem Scheibendurchmesser größere Wirkungen durch eine andere Construction erhalten, die aber später von Andern gleichfalls vielfach abgeändert wurde. In der neuesten Zeit hat die Winter'sche Construction der Electrisirmaschine große Anerkennung gefunden, weshalb wir dieselbe etwas näher betrachten wollen.

Winter wendet bei seinen Reibungselectrisirmaschinen (Fig. 13) blos ein einziges Reibkissenpaar AA an. Nahe diametral demselben gegenüber steht auf einem starken Glasfuße der kugelförmige Conductor K, mit welchem die beiden Holzringe CC verbunden sind. In diesen Holzringen sind Rinnen vertieft angebracht und in die Vertiefungen Stanniolstreifen eingelegt, auf welche Reihen von Metallspitzen aufgesetzt sind. Die Stanniolstreifen sind bis zum metallenen Verbindungsstücke der Holzringe mit dem Conductor fortgesetzt, so daß dieser also in leitender Verbindung mit den Spitzenreihen steht. Die Glasscheibe ist zwischen zwei runden Holzstücken c, c, verschraubt, in welche eine lange Glasachse eingekittet ist, die, in zwei hölzernen Lagerständern

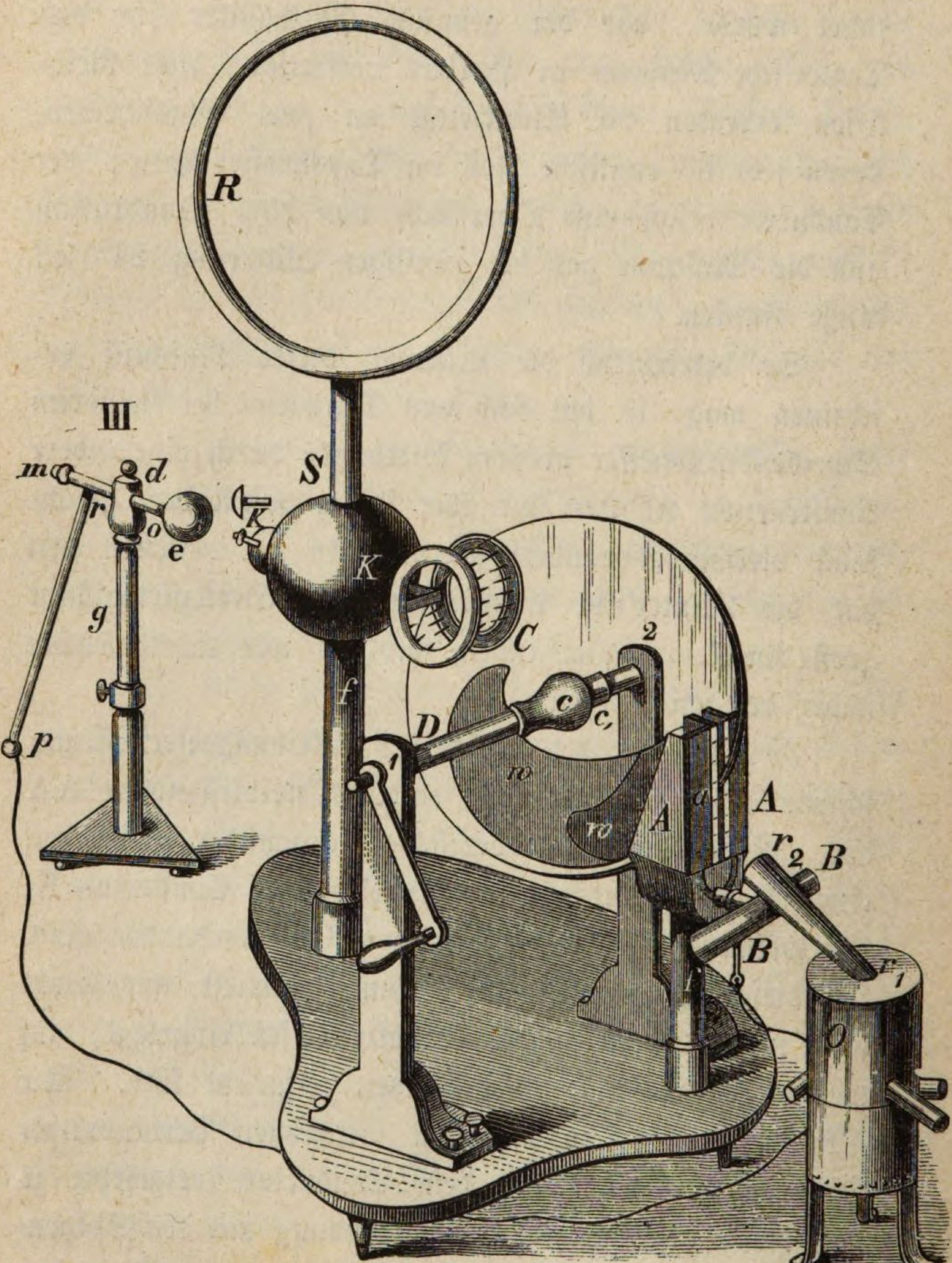


Fig. 13.

laufend, mittelst einer Curbel in Umdrehung versetzt werden kann. Mit den beiden Reibkissen ist der cylindrische, an beiden Enden abgerundete messingene Conductor B B durch einen Blechstreifen leitend verbunden. Das Holzgestelle, welches die Reibkissen trägt, ist durch einen kurzen Glasfuß isolirt. Von den Reibkissen gehen Wachstaffetflügel w aus, welche an der Seite, die der Glasscheibe zugewendet ist, zweckmäßig noch mit Seidenzeug beklebt werden und die nahe bis an die Holzringe C reichen.

Will man nun den Conductor K mit positiver Electricität laden, so wird der Conductor BB mit der Erde durch eine Kette oder Metallschnur leitend verbunden und die Scheibe in Umdrehung versetzt. Durch das Drehen wird die Glasscheibe an den Reibkissen positiv electrisirt; die positive Electricität, an den Spitzen in den Holzringen angelangt, wirkt hier influencirend auf dieselben ein: die angezogene negative Electricität strömt gegen die Scheibe aus und neutralisirt dieselbe, während die abgestoffene positive Electricität sich auf dem Conductor K ansammelt.

Soll die an den Reibkissen beim Drehen der Glasscheibe entwickelte negative Electricität angesammelt werden, so hebt man die leitende Verbindung des Conductors BB mit der Erde auf und stellt dagegen eine solche leitende Verbindung des Conductors K mit der Erde her; es wird dann die negative Electricität auf dem Conductor BB angesammelt.

Will man aus dem Conductor der Maschine sehr kräftige Funken ziehen, so benützt man einen eigenen

Funkenzieher; die Stärke der Funken wird noch durch einen auf den Conductor K aufgesetzten Holzring SR erhöht, welcher in seinem Innern einen feinen Messingdraht trägt. Um die Scheibe und ihre Umgebung möglichst trocken zu erhalten, bringt man hinter den Reibkissen das Ausmündungsrohr eines kleinen Kohlenofens an.

Winter erzielte mit seinen Maschinen ganz außerordentliche Wirkungen; Pisko führt in seinem Berichte über die Pariser Ausstellung vom Jahre 1867 an, daß die daselbst von Winter ausgestellte Maschine bei 95½ Centimeter Scheibendurchmesser Funken bis zu 52 Centimeter Länge gegeben habe.

Bei allen bisher erwähnten Electrisirmaschinen wurde die Electricität durch Reiben zweier fester Körper an einander erzeugt; allein auch durch die Reibung eines Körpers im gasförmigen Zustande an einem festen Körper kann Electricität entwickelt werden.

Diese Thatsache wurde durch einen Zufall entdeckt. Ein Mechaniker in der Nähe von Newcastle, welcher damit beschäftigt war, ein Sicherheitsventil an einer Dampfmaschine zu reguliren, erhielt einen Funken und einen heftigen Schlag, wenn er die eine Hand in den aus einer Fuge ausströmenden Dampf, die andere an den Hebel des Ventiles brachte. Armstrong, von dieser Erscheinung in Kenntniß gesetzt, untersuchte die Sache näher und construirte eine eigene Dampfelectrisirmaschine, welche in nachstehender Fig. 14 abgebildet ist.

Der Dampf wird von dem Dampfkessel aus in eine mit mehreren Ausströmungsröhren versehene Büchse geleitet; die Röhren sind im Innern mit Buchsbaumholz

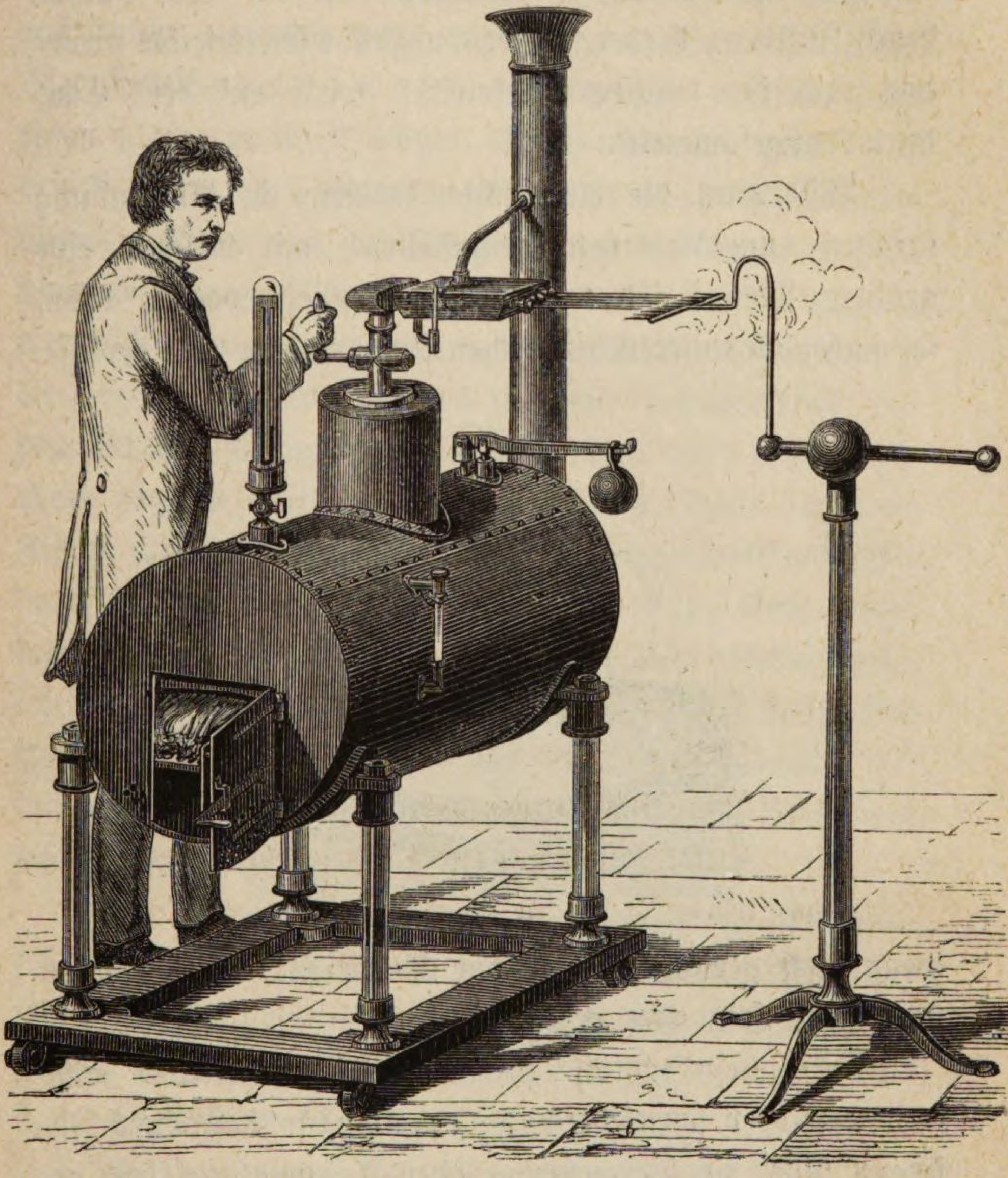


Fig. 14.

gefüttert, an welchem sich der ausströmende Dampf heftig reibt und dadurch electrisch wird. Dem Dampfstrahle gegenüber wird ein metallener Spitzenkamm aufgestellt, der mit dem isolirten Conductor in leitender Verbindung steht. Strömt nun der Dampf an dem Buchsbaumholze

aus, so wird er positiv electrisch; die an den Spitzen durch Influenz hervorgerufene negative Electricität strömt aus und die positive Electricität wird auf dem Conductor angesammelt.

Will man die electrische Influenz in Anwendung bringen, um Apparate herzustellen, mit welchen eine größere Menge Electricität angesammelt werden kann, so muß nach unseren bisherigen Erfahrungen eine gewisse,

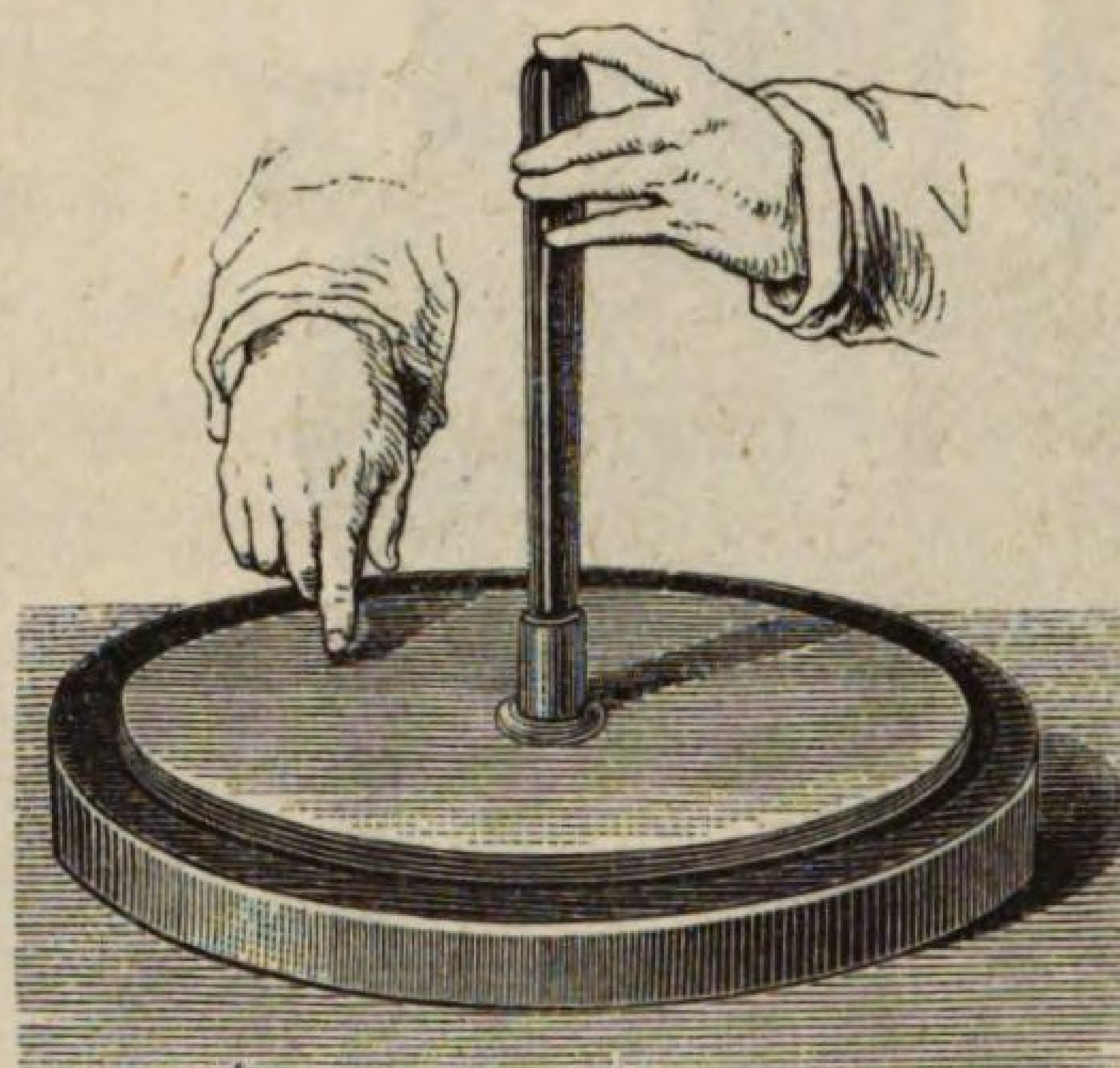


Fig. 15.

wenn auch geringe Menge von Electricität vorher schon vorhanden sein oder erregt werden.

Diese ursprünglich zu erregende Electricität wird immer wieder durch Reibung erhalten, so daß durch Influenz blos die Vermehrung oder Ansammlung der geringen durch die Reibung erregten Electricitätsmenge bewerkstelligt wird.

Der erste hierher gehörige Apparat ist der von Wilcke im Jahre 1762 erfundene, von Volta verbesserte Electrophor. (Fig. 15.)

Der Electrophor besteht gewöhnlich aus einer in

eine metallene Form gegossenen kreisförmigen Harzscheibe, auf welche eine mit wohl abgerundetem Rande versehene Metallscheibe aufgesetzt wird, die an ihrer oberen Fläche einen gläsernen Griff trägt. Die Harzscheibe nennt man den Kuchen, den Metalldeckel den Schild des Electrophores. Wird nun der Kuchen durch Reiben oder Peitschen mit einem Fuchsschwanze oder Katzenpelze negativ electrisch gemacht und man setzt den Schild auf, so wirkt die negative Electricität des Kuchens influencirend auf den Schild; die untere Fläche desselben wird positiv die obere negativ electrisch werden. Berührt man die obere Fläche mit dem Finger, so wird die negative Electricität durch den Körper des Experimentators zur Erde abgeleitet und es bleibt im Schilde blos die positive Electricität zurück. Hebt man den Schild am isolirenden Handgriff ab, so ist er also mit positiver Electricität geladen und man kann aus ihm wie aus dem Conductor einer Electrisirmaschine Funken ziehen.

Im Jahre 1864 wurde nahe gleichzeitig von Professor Töpler und Holtz das Princip der Influenz zur Herstellung von eigentlichen Electrisirmaschinen benützt. So großes wissenschaftliches Interesse auch die Töpler'sche Influenz-Electrisirmaschine besitzt, so verschaffte sich doch die Holtz'sche Einrichtung eine raschere und allgemeinere Verbreitung in den physikalischen Laboratorien, da sie bei größerer Einfachheit weit stärkere Wirkungen als die Töpler'sche gibt. Bald nachdem Holtz seine Maschine zur öffentlichen Kenntniß gebracht hatte, beschäftigte sich auch der Verfasser eingehender mit dem Apparate und hat demselben schließlich eine ungemein einfache constructive Einrichtung gegeben, welche in der folgenden Fig. 16 dargestellt ist.

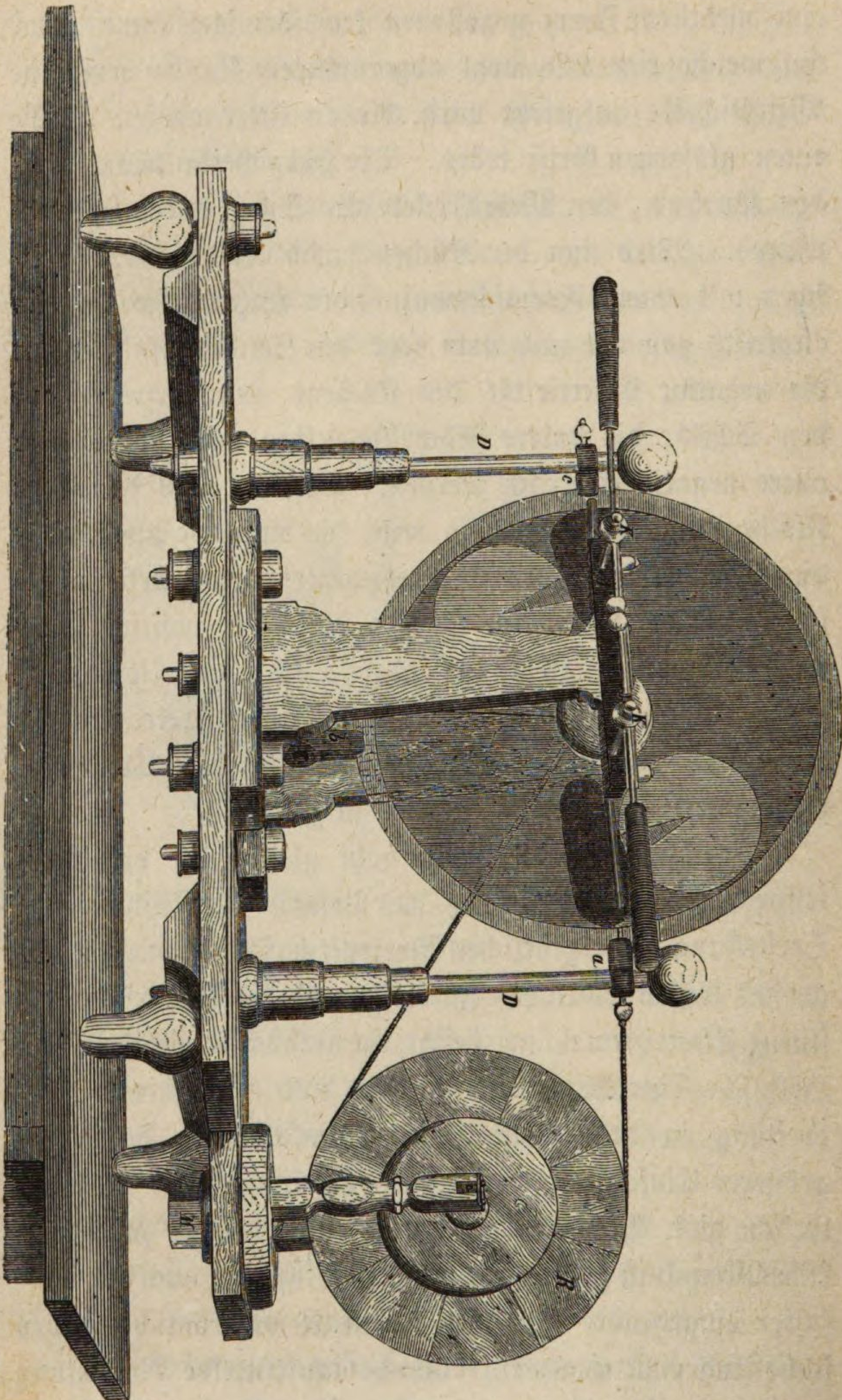


Fig. 16.

Die Influenzmaschine besteht darnach aus zwei kreisförmigen Glasscheiben, wovon die eine, etwas größere, feststeht, die andere um eine Axe mittelst des Rades R und einer Schnur ohne Ende in rasche Rotation versetzt werden kann. Die feststehende Scheibe trägt zwei einander diametral gegenüberstehende Papiersectoren, welche sich an den kreisförmigen Ausschnitten im Glase befinden. Von den Papierbelegen aus reichen Spitzen aus Cartonpapier, die mit Stanniol überzogen sind, bis auf die Hälfte der Ausschnitte in dieselben hinein. Vor der rotirenden Scheibe, den Papierbelegen gegenüber, steht das metallene Conductorsystem, welches in seinen wesentlichen Theilen durch die folgende schematische Fig. 17,

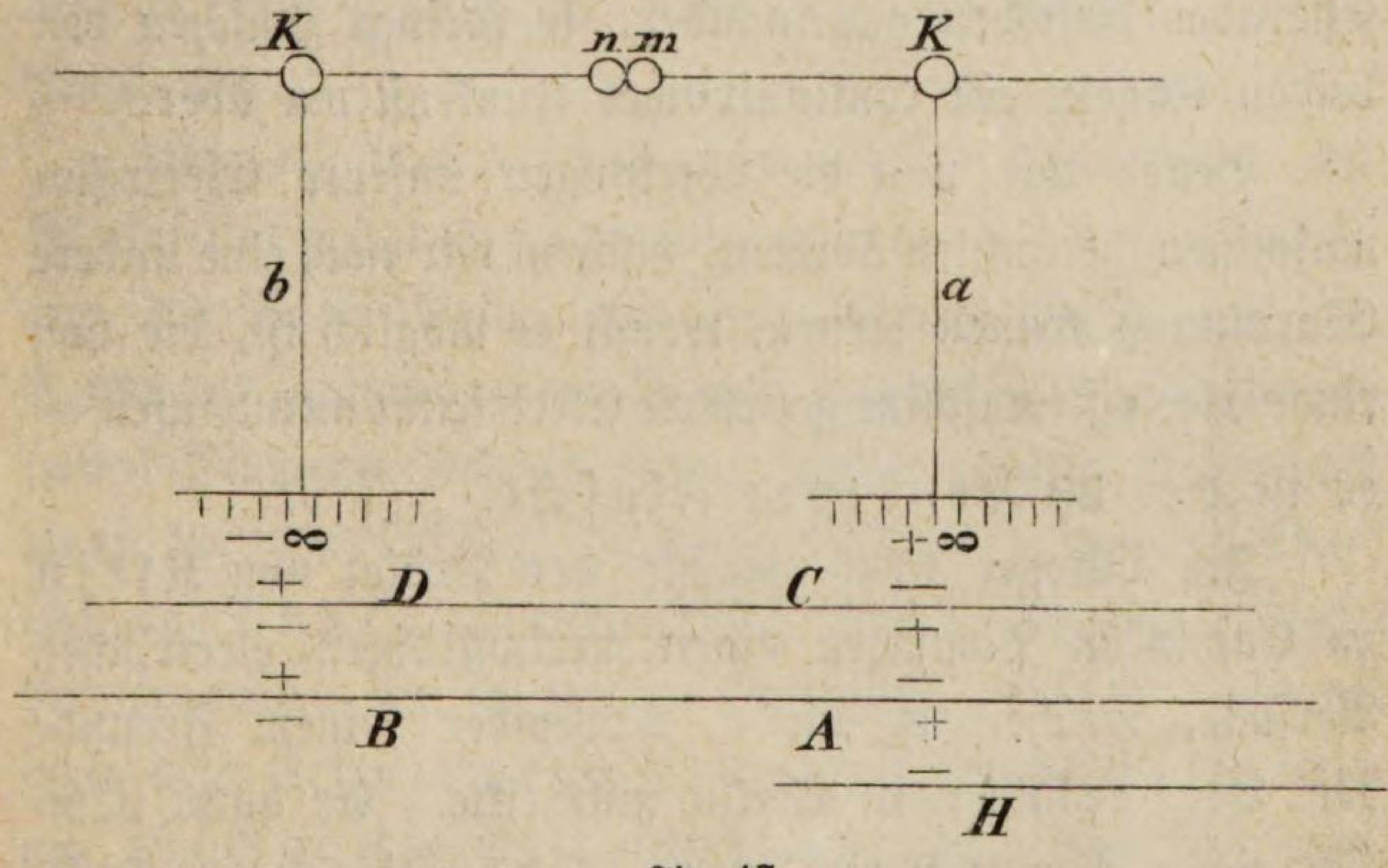


Fig. 17.

in der AB die feste, CD die rotirende Scheibe bedeuten, dargestellt ist.

Sollen nun mit einer solchen Electrisirmaschine Versuche angestellt werden, so muß man dieselbe vor Allem

erregen, d. h. man muß ihr eine geringe Electricitätsmenge durch Influenz mittheilen. Es geschieht dieß mittelst einer Hartgummiplatte, welche durch Reiben mit einem Katzenpelze negativ electrisch gemacht wird. Hält man die so electrisirte Platte H hinter die eine der Papierbelegungen, während man gleichzeitig die kleinere Glasscheibe in Rotation versetzt und zwar in dem Sinne, daß sie sich gegen die in die Ausschnitte der festen Glasscheibe hineinragenden Stanniolspitzen bewegt, so hört man ein knisterndes Geräusch, welches rasch an Stärke zunimmt und schon nach wenigen Secunden ein Maximum erreicht. Bis dahin ist es zweckmäßig, die Conductorkugeln m und n in Berührung zu lassen; zieht man jetzt aber dieselben auseinander, so springt zwischen den beiden Kugeln ein continuirlicher Funkenstrom über.

Bevor wir nun die Wirkungen unserer Electrisirmaschinen betrachten können, müssen wir noch eine andere Einrichtung kennen lernen, womit es möglich ist, die von einer Electrisirmaschine gelieferte Electricität anzuhäufen — es ist dies die Leydener Flasche.

Im Oktober 1745 machte der Prälat von Kleist zu Camin in Pommern einen merkwürdigen electrischen Versuch, welchen er am 4. November seinem Freunde Dr. Lieberkühn in Berlin mittheilte. Er hatte nämlich einen eisernen Nagel in ein Medicinfläschchen gesteckt, in welchem sich etwas Alcohol oder Quecksilber befand; den Nagel electrisirte er an dem Conductor einer Electrisirmaschine und empfand dann, wenn er ihn mit der Hand berührte, einen empfindlichen Schlag in Arm und Achsel. Als andere Physiker diesen Versuch nachmachen

wollten, gelang er nicht; der Grund davon lag darin, daß derjenige, welcher den Schlag erhalten soll, die Flasche in der Hand halten muß, was Kleist nicht erkannt hatte.

Unterdessen wurde jedoch an einem anderen Orte der Versuch angestellt und zugleich die Bedingungen, welche zum Gelingen erforderlich sind, daselbst genau studirt.

Cunaeus in Leyden, ein Schüler des berühmten Physikers Muschenbroeck, wollte nämlich im Januar 1746 das in einer Flasche enthaltene Wasser electrisiren; er nahm zu diesem Behufe die Flasche in die eine Hand, während er in die Flüssigkeit einen Metallstab einsenkte, der an dem Conductor einer Electrisirmaschine aufgehängt war.

Als er glaubte, daß das Wasser hinreichend mit Electricität geladen sei, wollte er, ohne daß er die Flasche aus der Hand legte, mit der anderen Hand den am Conductor angehängten Draht wegnehmen. In demselben Momente erhielt er zu seinem großen Erstaunen einen heftigen Schlag. Muschenbroeck, der den Versuch von Cunaeus wiederholte, gerieth über den Schlag, den er erhielt, in so großen Schrecken, daß er, als er diese neue Erscheinung an Reaumur berichtete, beifügte, um Nichts in der Welt, selbst wenn man ihm die Krone Frankreichs anböte, möchte er sich wieder einen solchen Schlag geben lassen. Das Experiment machte so großes Aufsehen, daß es schon wenige Monate nach seiner Entdeckung dem großen Publikum um Geld gezeigt wurde.

Der Prälat v. Kleist war also der Erste, der den

Versuch machte; allein er erkannte die Bedingungen nicht, um ihn mit Sicherheit wiederholen zu können. Diese stellte dagegen **Cunaeus**, der Physiker zu Leyden, zuerst auf und es hat also seine volle Berechtigung, daß die Bezeichnung „Leydener Flasche" mehr Eingang fand, als die der „Kleist'schen Flasche."

Die einfachste Form der Leydener Flasche ist die Franklin'sche Ladungstafel und wir wollen deshalb zuerst an dieser den Cunaeus'schen Versuch näher studiren.

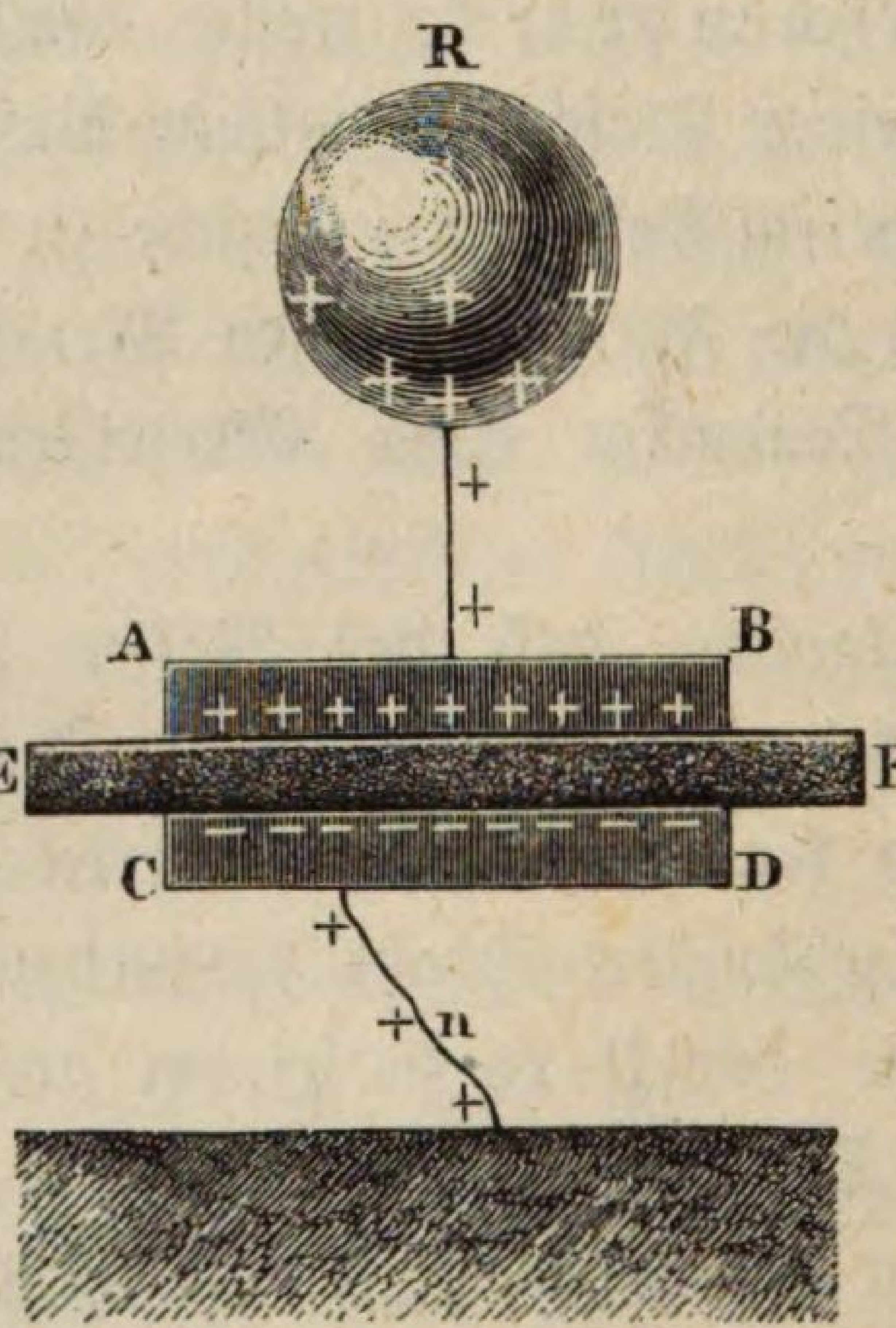


Fig. 18.

Die Franklin'sche Tafel besteht aus einer rechteckigen Glastafel, die auf ein geeignetes Stativ aufgesetzt und auf beiden Seiten bis auf ein paar Zoll vom Rande weg mit Stanniol belegt ist. Verbindet man nun die eine der Stanniolbelegungen AB (Fig. 18) mit dem geladenen positiven Conductor einer Electrisirmaschine, so geht ein Theil der positiven Electricität auf die Belegung

selbst über. Diese wirkt influencirend auf die andere Stanniolbelegung, die negative Electricität wird angezogen, die positive dagegen abgestossen. Verbindet man sodann die Rückseite der Belegung CD leitend mit der Erde, so wird die abgestossene Electricität abgeleitet; die angezogene negative Electricität wird dagegen von der positiven Electricität der ersten Belegung angezogen und so gebunden gehalten; sie hält aber ihrerseits gleichfalls einen Theil der vom Conductor übergegangenen positiven Electricität in gleicher Weise gebunden und es kann neuerdings positive Electricität vom Conductor übergehen. Dann wiederholt sich der Vorgang in der angegebenen Weise und zwar solange fort, bis die Dichte der nicht gebundenen (d. h. von der negativen Electricität der Belegung CD nicht angezogen gehaltenen) positiven Electricität gleich ist der Dichte der freien positiven Electricität auf dem Conductor selbst. Ist dieser Punct erreicht, so ist die Franklin'sche Tafel geladen.

Entfernt man die Verbindung mit der Erde und auch die mit dem Conductor, so kann man die Belegung CD mit der Hand berühren, ohne daß die Ladung sich ändert, weil die negative Electricität dieser Belegung angezogen gehalten wird und daher nicht abgeleitet werden kann. Berührt man dagegen die Belegung AB, so wird die freie positive Electricität derselben zur Erde abgeleitet; da aber nicht blos die gebundene, sondern auch die freie positive Electricität erforderlich war, um alle negative Electricität der Belegung CD gebunden zu halten, so wird jetzt ein Theil derselben nicht mehr angezogen und also frei. Berührt man nun die

Belegung CD, so wird der Vorgang umgekehrt und man kann so durch abwechselndes Berühren der beiden Stanniolbelegungen die Franklin'sche Tafel allmählig entladen.

Nimmt man dagegen wieder eine geladene Franklin'sche Tafel und bringt man an den Belegen AB und CD in der durch folgende Fig. 19 angedeuteten Weise gute

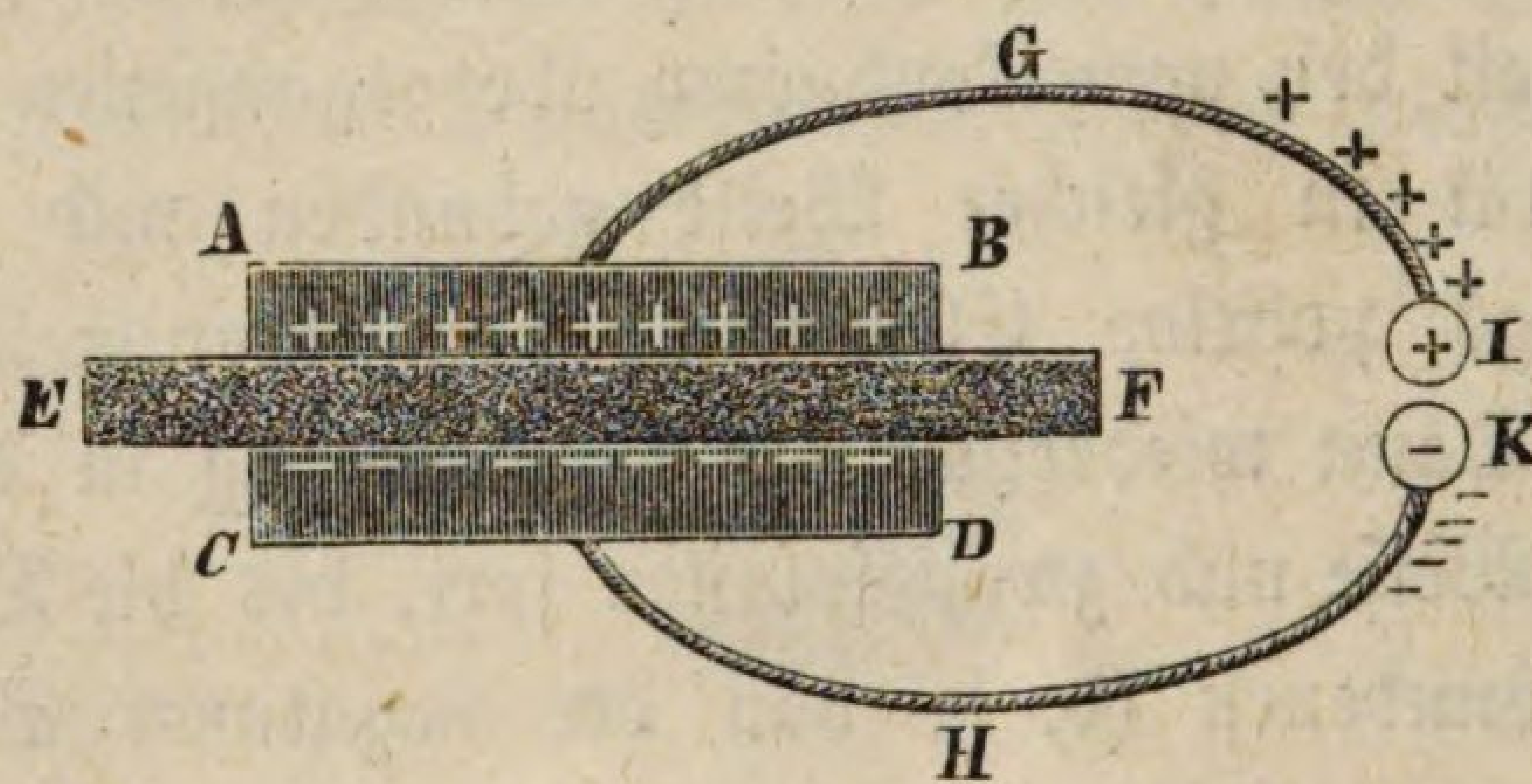


Fig. 19.

Leiter G und H an, deren Enden I und K nahe bei einander stehen, so geht ein Theil der freien positiven Electricität an das Ende I; dadurch wird aber nicht mehr die gesammte negative Electricität der Belegung CD gebunden gehalten und die dadurch frei gewordene negative Electricität geht an das Ende K. Sodann wird auch wieder auf AB positive Electricität frei, geht nach I und so fort. Nähert man die Enden I und K einander hinreichend, so wird die Spannung der beiden Electricitäten groß genug, um den sie trennenden Isolator — die Luft — zu durchbrechen und sich unter Begleitung eines lebhaften Funkens zu vereinigen.

Die Leydener Flasche unterscheidet sich von der Franklin'schen Tafel blos durch ihre Form.

Ein cylindrisches Glasgefäß ist an seiner äußeren und inneren Fläche bis auf ein paar Zoll vom Rande weg mit Stanniol belegt; zu der inneren Fläche (Fig. 20)

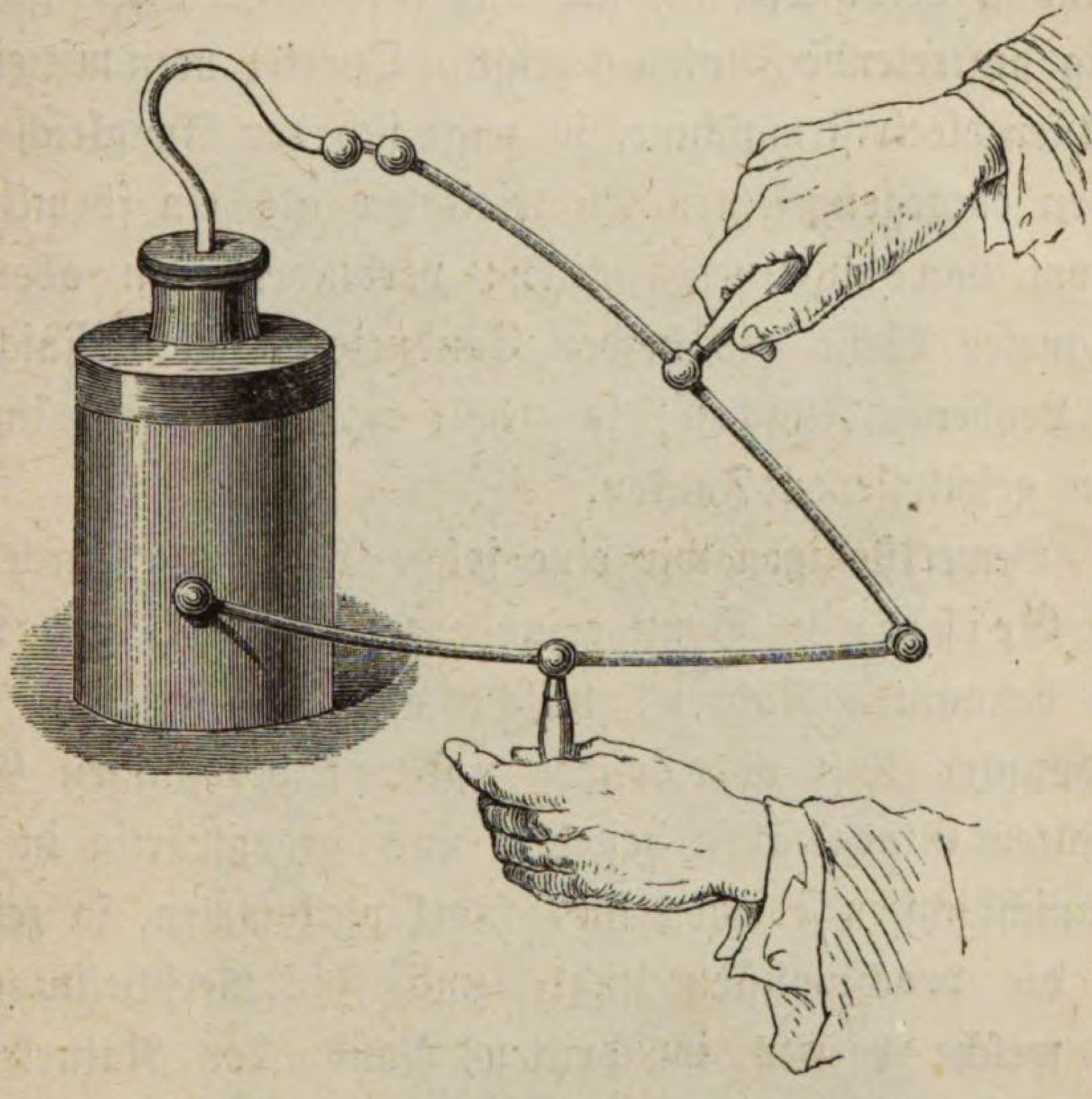


Fig. 20.

führt ein guter Leiter — ein Metalldraht —, der außerhalb des Glases in einen runden Knopf endigt, während die äußere Belegung mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird. Verbindet man nun den Metallknopf der Flasche mit dem Conductor einer Electrisirmaschine, so hat die Ladung ganz ebenso wie bei der Franklin'schen Tafel statt und das Gleiche gilt auch für die Entladung der Flasche.

Wir sind jetzt in den Stand gesetzt, die wichtigeren

Eigenschaften und Wirkungen der electrischen Entladung in Betracht zu ziehen.

Daß mit der electrischen Entladung eine Lichterscheinung verbunden ist, hat uns bereits der damit gleichzeitig auftretende Funken gezeigt. Operirt man mit einer Influenzelectrisirmaschine, so zeigt sich der Ausgleich der beiden entgegengesetzten Electricitäten als ein förmlicher Strom von einzelnen Funken; verbindet man aber in geeigneter Weise die beiden Conductoren der Maschine mit Leydener Flaschen, so erhält man einen sehr intensiven geschlossenen Funken.

Bewerkstelligen wir eine solche Entladung durch die von Geißler in Bonn erfundenen (Fig. 21) und nach ihm benannten Röhren, welche aus geschlossenen, mit verdünnter Luft oder einem anderen verdünnten Gase gefüllten Glasgefäßen bestehen und gegenwärtig in den mannichfachsten Formen im Handel vorkommen, so zeigen sich die prachtvollsten Licht- und Farbenerscheinungen, auf welche bereits im dritten Bande der Naturkräfte aufmerksam gemacht wurde.

Mit der Lichterscheinung bei der electrischen Entladung sind auch Wärmewirkungen verbunden; so kann man bei stärkeren Entladungen Metalldrähte zum Glühen und selbst zum Schmelzen bringen, sowie Pulver entzünden. Man hat deshalb auch die Entladung benützt, um auf größere Entfernungen mittelst des electrischen Funkens Pulverladungen für Felsen- oder Minensprengungen zu entzünden.

Auch mechanische Wirkungen erzeugt die electrische Entladung; lassen wir den Funken durch Papp-

deckel, Holz oder Glas schlagen, so wird es durchbohrt und unter Umständen sogar zertrümmert.

Physiologische Wirkungen erhält man, wenn man die Entladung durch den Körper gehen läßt; man erfährt dann einen heftigen Schlag.

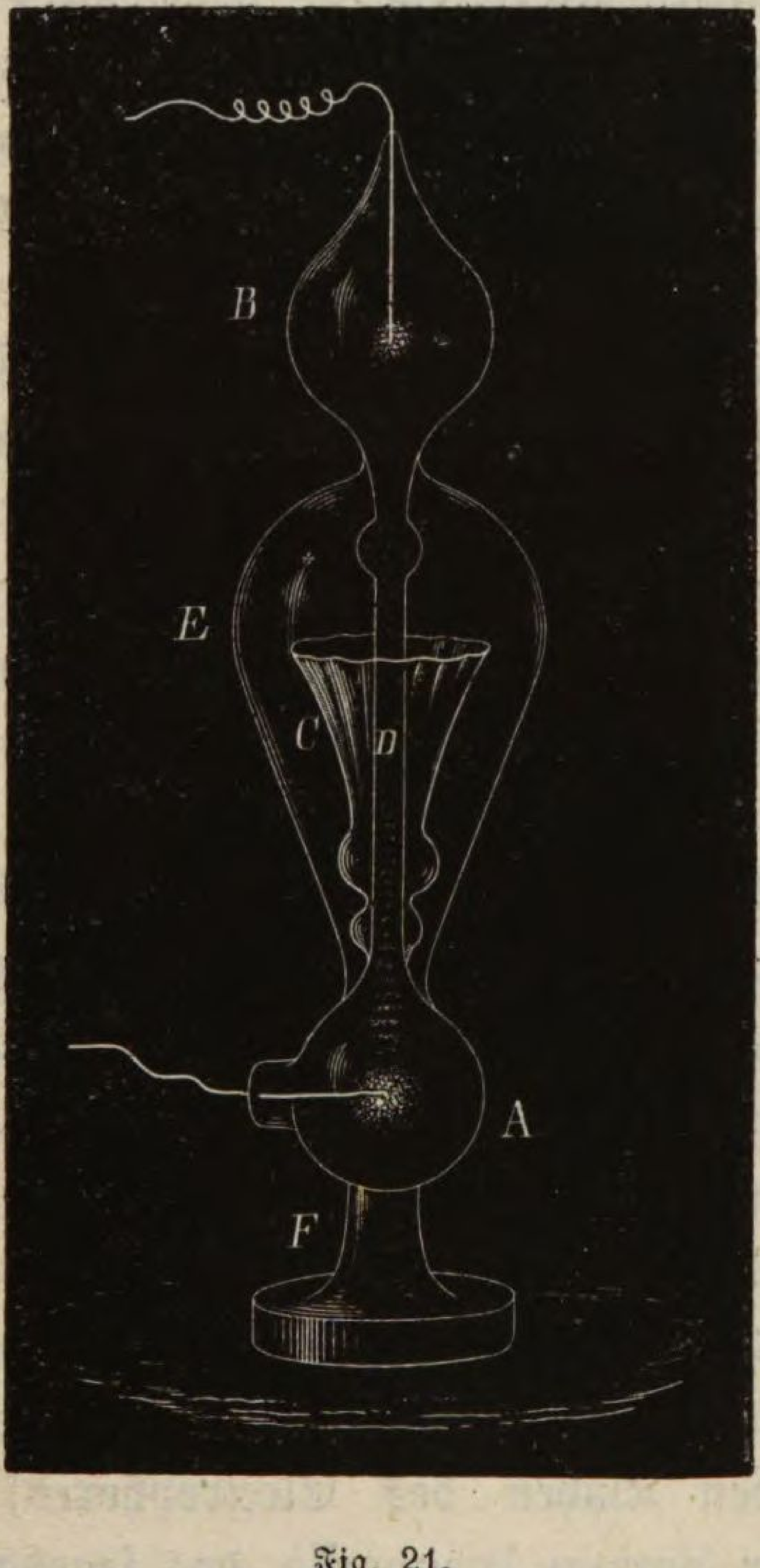


Fig. 21.

Magnetische Wirkungen treten bei der Entladung in mehrfacher Weise auf.

Die electrische Entladung ist nämlich einmal im

Stande eine unmagnetische Stahlnadel zu magnetisiren, durch dieselbe kann ferner der Magnetismus in einer bereits magnetischen Stahlnadel verändert werden, und wenn man die Entladung über eine Magnetnadel wegführt, so wird sie aus ihrer ursprünglichen Richtung — dem magnetischen Meridiane — abgelenkt.

Die chemischen Wirkungen bestehen sowohl in Zersetzungen als Verbindungen derjenigen Körper, durch welche die electrische Entladung hindurchgeht; allein es ist hiebei vielfach fraglich, ob es die Electricität selbst oder die der Entladung folgenden Erschütterungen und Erwärmungen sind, welche diese Wirkungen hervorbringen.

Hierher gehört auch der eigenthümliche Geruch, den man sogleich wahrnimmt, wenn man mit einer kräftigen Electrisirmaschine operirt.

Schönbein hat durch eine Reihe von höchst wichtigen Versuchen nachgewiesen, daß dieser Geruch vom Ozon herrührt, das durch die Electricität gebildet wird und weiter nichts ist als reiner Sauerstoff in einem besonderen Zustande der Activität.

Ganz eigenthümliche Erscheinungen — die sogenannten Lichtenbergischen Figuren — erhält man, wenn man den Knopf einer geladenen Leydener Flasche mit einer Scheibe aus Harz berührt (man nimmt dazu gewöhnlich den Kuchen des Electrophores) und dann Mennig oder Semen lycopodii, das sogenannte Hexenmehl, darauf streut.

War die Flasche mit positiver Electricität geladen, so zeigt sich auf der Harzscheibe eine strahlenartig ver-

ästelte Figur; war dagegen die Ladung der Leydener Flasche negativ, so ordnen sich die feinen Theilchen des Mennig- oder Lycopodiumpulvers in concentrischen Ringen an. Diese Figuren entstehen durch die Einwirkung der electrisch gewordenen Stellen des Harzkuchens auf das durch das Sieben oder Ausbeuteln aus einem leinenen Lappen gleichfalls electrisirte Pulver.

Es sind nun noch einige Arten von Electricitätsentwickelung zu erwähnen, die wir im Vorstehenden noch nicht kennen gelernt haben.

Drückt man ein isolirtes Stück Kalkspath zwischen den Fingern, so wird dasselbe positiv electrisch und hält die Electricität längere Zeit hindurch. Aehnlich verhalten sich der Flußspath, der Quarz, der Topas, der Arragonit, der Glimmer.

Auch durch Erwärmen werden mineralische Körper electrisch.

Schon vor Jahrhunderten erkannte man in Indien diese Eigenschaft am Turmalin. Dabei zeigt aber der Turmalin gleichsam zwei electrische Pole; das eine Ende wird nämlich positiv, das andere Ende negativ electrisch.

Analoge Erscheinungen sind am Boracit, am Kieselzinkerz, Zucker und anderen Krystallen beobachtet worden, und man hat dieser Art der Electricitätserregung einen eigenen Namen gegeben: man nennt sie **Pyroëlectricität**.

Will man die Krystallelectricität bequem studiren, so bedient man sich mit Vortheil des von Professor von **Kobell** angegebenen Gemsbartelectroscopes.

Die langen Haare nämlich, welche einem vierjährigen

Gemsbocke im Spätherbst über den Rücken hinstehen und Gemsbart genannt werden, haben die merkwürdige Eigenschaft, daß sie, wenn man sie zwischen den trockenen Fingern von ihrer Wurzel nach der Spitze hinstreicht, stark positiv electrisch werden, daß sie dagegen, von der Spitze gegen die Wurzel gestrichen, negative Electricität erlangen. Befestigt man ein solches Gemshaar an einer isolirenden Handhabe z. B. einem Glasstäbchen, so wird es ein sehr empfindliches Electroscop, das sogleich, wenn man es zuvor durch die Finger gezogen hat, aus der Anziehung oder Abstoßung durch einen electrisirten Körper erkennen läßt, ob derselbe mit positiver oder negativer Electricität geladen war.

Die bisher von uns besprochenen electrischen Erscheinungen können wir im physikalischen Laboratorium studiren; weit größere Electricitätsmengen, als wir sie mit den wirksamsten Maschinen zu erzeugen im Stande sind, liefert uns jedoch die Natur von selbst und aus ihnen folgen die gewaltigen Entladungen, die wir als den Blitz beobachten.

3. Der Blitz und der Blitzableiter.

Der Engländer Wall hatte schon im Jahre 1708 eine Analogie zwischen Donner und Blitz mit dem electrischen Funken und dem ihn begleitenden Geräusche vermuthet, Gray und Nollet sprachen diese Analogie bereits präciser aus, allein erst der denkwürdige Versuch des Amerikaners Franklin erhob diese Vermuthungen zur bestimmten Thatsache. Die Beobachtung, daß der Blitz am häufigsten in spitzige Objecte als Kirchthürme, Schiffsmasten, hohe Bäume u. dergl. einschlägt, veranlaßte Franklin im Jahre 1752, einen großen Drachen, der mit Seidenzeug überzogen und mit einer Metallspitze versehen war, in die Höhe steigen zu lassen, während gerade Gewitterwolken darüber wegzogen.

Der Drachen stieg an einer hanfenen Leine in die Höhe, an deren Ende ein Stahlschlüssel befestigt war. Anfangs zeigte sich keine Spur von Electricität, als aber die Hanfschnur vom Regen durchnäßt und dadurch leitend geworden war, konnte Franklin aus dem Stahlschlüssel mit dem Fingerknöchel kräftige Funken ziehen.

Dieser Versuch erregte in der gesammten ge-

lehrten Welt das größte Aufsehen, ja die Oxforder Universität ernannte in Folge davon Franklin zu ihrem Ehrendoctor. Vielfach wurde nun das Experiment abgeändert, de Romas ersetzte die Hanfschnur durch einen Metalldraht, d'Alibard durch eine hohe, mit einer Metallspitze versehene Stange; leider sollte es auch seine Opfer kosten, der Petersburger Physiker Richmann, der durch eine ähnliche Vorrichtung den Blitz in sein Laboratorium hereinleiten wollte, wurde von demselben getödtet.

Es war aber durch den Franklin'schen Versuch nicht blos die Identität des electrischen Funkens mit dem Blitze constatirt, es waren dadurch auch die Mittel geboten, sich vor seinen Wirkungen zu schützen. Wir wollen übrigens, bevor wir die gegenwärtige Einrichtung des Blitzableiters betrachten, an ein paar Beispielen zeigen, daß sich die Wirkungen des Blitzes von denen der electrischen Entladung wirklich blos durch ihre Größe unterscheiden.

Auf zwei Punkte, sagt der um die Electricitätslehre hochverdiente Rieß, ist nach einem Blitzschlage die Aufmerksamkeit der Beschauenden von jeher gerichtet gewesen: auf die Zündung brennbarer Substanzen und die Schmelzung von Metallen. Nicht als ob es Wunder genommen hätte, daß eine so glänzende Lichterscheinung wie der Blitz im Stande wäre, Heu, Stroh und dergl. in Flammen zu setzen, sondern im Gegentheile wenn dies beim Durchgange eines Blitzstrahles — bei einem sogenannten kalten Schlage — nicht geschehen ist. Allein dies zu erklären bietet durchaus keine Schwierigkeit, denn auch

bei der künstlichen Entladung können wir Schießbaumwolle, Pulver oder Feuerschwamm blos dann entzünden, wenn die Entladung durch eingeschaltete schlechte Leiter z. B. eine Wassersäule verlangsamt worden ist.

Es muß also auch der Blitz, wenn er zünden soll, auf seinem Wege aufgehalten werden und hiezu sind nur selten die Bedingungen in Wirklichkeit vorhanden; wir treffen deshalb häufig Schmelzungen von gut leitenden Metallen an, ohne daß daneben befindliche leicht entzündbare Körper in Flammen gerathen sind.

So wurden im Jahre 1781 zwei Jäger in der Nähe von Castres vom Blitze getroffen und der eine von ihnen erschlagen; die Jagdmesser Beider zeigten Schmelzungen dicht unter der unversehrten Lederscheide.

Im September 1843 traf der Blitz eine Cavaleriekaserne zu Fougères in der Bretagne; die Zaumzeuge der Pferde erlitten an den Metalltheilen Schmelzungen, ohne daß das Riemenzeug irgendwie verletzt worden wäre.

Sehr merkwürdige Schmelzungsproducte zeigen sich, wenn der Blitz durch eisenhaltigen Sand hindurchgeht; es entstehen dann vielfach verästelte, röhrenartige Gebilde — die sogenannten Blitzröhren. Es sind bereits viele solche Röhren direct nach den Blitzschlägen aufgefunden worden und Fiedler hat in Dresden eine größere Sammlung davon angelegt, worunter sich ein Exemplar befindet, das in gerader Linie gemessen über 8 Ellen lang war. Schon vor etwa fünfzig Jahren stellten Beudant, Savart und Hachette künstlich eine Blitzröhre her, indem sie die Entladung einer gewaltigen

Leydener Batterie durch Glaspulver gehen ließen, das sich in einem mit einem Loche versehenen Ziegelsteine befand. Vor Kurzem hat Rollmann einen sehr netten Versuch angegeben, der die Bildung der Blitzröhren erläutert; läßt man den Funken einer starken Entladung, etwa mittelst einer kräftigen Influenzelectrisirmaschine durch Schwefelblumen schlagen, so schmilzt der Schwefel selbst zu verästelten, den Blitzröhren ganz ähnlichen Gebilden von 5 bis 6 Centimeter Länge und etwa 2 Millimeter innerem Durchmesser zusammen.

In Bezug auf die mechanischen Effecte des Blitzschlages sind uns Beispiele überliefert, die fast an das Unglaubliche zu grenzen scheinen. So verschob im August 1809 der Blitz in einem Hause bei Manchester eine 5 Fuß dicke, 1½ Fuß hohe Mauer, die aus etwa 7000 Steinen bestand, am einen Ende um 4, am anderen Ende um 9 Fuß. -- Im Jahre 1839 wurde ein Mensch vom Blitze erschlagen und 70 Fuß weit fortgeschleudert. Bei Holz äußern sich diese mechanischen Wirkungen durch Zersplittern, Zerschlitzen, Abschälen der Rinde u. dergl.; besonders bemerkenswerth ist das Herabgehen des Blitzes an Bäumen in einer Schraubenlinie.

Arago berichtet einen Fall, bei welchem die Stahltheile eines Chronometers auf einem vom Blitze getroffenen Schiffe so stark magnetisch wurden, daß dasselbe bei seiner Ankunft in Liverpool um 34 Minuten mehr zeigte als ohne diesen Unfall der Fall gewesen wäre. — Scoresby fand auf einem im Mai 1827 zweimal vom Blitze getroffenen Schiffe die Eisentheile stark magnetisch. —

Im Mai 1845 schlug der Blitz im Golf von Guinea in ein Schiff, wobei die Spitze des Blitzableiters schmolz, Messer in der Cajüte so stark magnetisch wurden, daß Nähnadeln daran hängen blieben und sämmliche Compasse unbrauchbar geworden waren. — Auch bei den Telegraphenapparaten zeigten sich vielfach magnetische Wirkungen des Blitzes und Lamont erzählte mir, daß der Blitz mehrmals durch das Galvanometer ging, das zur Beobachtung des Erdstromes an der Münchener Sternwarte aufgestellt ist, und dabei die Magnetnadel ummagnetisirte; einmal wurde sogar der Draht beim Eintritte in den Multiplicator abgeschmolzen.

Die Blitzentladung bewirkt ferner chemische Veränderungen an den Körpern, welche sie trifft.

So wurden am 24. August 1760 im Schlosse zu Upsala die vergoldeten Bilderrahmen geschwärzt und man nahm einen starken Schwefel- und Knoblauchgeruch wahr. — Am 14. Juni 1846 schlug der Blitz in die Kirche von St. Thibaud-de-Couz und schwärzte die vergoldeten Rahmen eines Gemäldes, sowie 6 vergoldete Kupferleuchter. Schönbein berichtet einen Fall, bei welchem der Blitz 150 Schritte von seinem Hause entfernt einschlug: das ganze Haus war von einem stechenden Qualm erfüllt, der mehrere Stunden lang bemerkbar war.

Die Beispiele von physiologischen Wirkungen des Blitzschlages als Tödtung, Lähmungen u. dergl. sind hinreichend bekannt, so daß es nicht nöthig sein wird uns länger dabei aufzuhalten.

Um jetzt den Blitzableiter zu verstehen, welcher be-

kanntlich den Zweck hat, die angeführten Wirkungen des Blitzes zu beseitigen oder doch unschädlich zu machen, denken wir uns vorerst eine gerade hohe Stange aus Metall, die oben in eine Spitze endigt, vertical in den Boden gesteckt. Geht nun eine etwa mit positiver Electricität geladene Gewitterwolke über diese Stange weg, so wirkt sie influencirend auf dieselbe: die negative Electricität wird an die Spitze angezogen, die positive Electricität in die Erde abgestossen. Die negative Electricität häuft sich aber an der Spitze in unendlicher Menge an, strömt aus, vereinigt sich mit einem Theile der positiven Wolkenelectricität zum neutralen Zustande und man sieht, wie durch diese Einrichtung eine electrisirte Wolke allmählig in den unelectrischen Zustand versetzt werden kann. Bringen wir nun eine solche Stange auf einem zu schützenden Gebäude an und verbinden wir das untere Ende derselben durch einen hinreichend guten Leiter der Electricität, den wir am Gebäude herabführen, innig mit der Erde, so ist der Blitzableiter fertig.

Wir haben also bei der Einrichtung eines solchen auf drei Puncte unser Hauptaugenmerk zu richten:

1) auf die Auffangstange,
2) auf die Leitung und
3) auf die zweckmäßige Verbindung derselben mit der Erde.

Die Auffangstange muß verschiedenen Bedingungen Genüge leisten. Sie muß stark genug im Durchmesser sein, um durch die Wärmewirkungen des Blitzschlages

nicht geschmolzen zu werden; sie muß ferner mit einer Spitze versehen werden, welche den Einflüssen der Witterung widersteht und diese Spitze wird deshalb gut vergoldet oder auch ganz aus Platin verfertigt, da diese Metalle in Berührung mit der Luft keine Veränderung erfahren. Was endlich die Höhe der Auffangstange anbetrifft, so hat die zur Prüfung der zweckmäßigsten Einrichtung der Blitzableiter von der Pariser Academie im Jahre 1825 festgesetzte Commission als Resultat ihrer Untersuchung aufgestellt, daß eine Blitzableiterstange einen kreisförmigen Raum sicher schütze, dessen Durchmesser gleich der doppelten Höhe der Stange sei.

Für die Leitung vom unteren Ende der Auffangstange weg am Gebäude herab bis zur Erde nimmt man bei uns gewöhnlich starke Drahtseile aus verzinktem Eisendrahte. Kupfer wäre allerdings ein besserer Leiter für die Electricität, allein abgesehen davon, daß es viel theuerer ist als das Eisen, besitzt es auch eine weit geringere Festigkeit als dieses, und man kann überdies den Mißstand der geringeren Leitungsfähigkeit des Eisens beseitigen, wenn man nur dem Drahtseile einen entsprechend größeren Querschnitt gibt. Von selbst einleuchtend ist, daß die Leitung an keinem Puncte irgendwie unterbrochen sein darf; sie wird an geeigneten Trägern an dem Gebäude herabgeleitet und ist dabei noch die Vorsichtsmaßregel im Auge zu behalten, daß das Drahtseil nicht an solchen Stellen des zu schützenden Objectes herabgeführt werde, wo im Innern desselben größere Metallmassen oder andere gute Leiter der Electricität in beträchtlicher Menge angehäuft sind, weil sonst leicht ein

Ueberschlagen gegen dieselben bei der Entladung stattfinden könnte.

Ist die Leitung bis zum Boden gelegt, so führt man sie, wo immer möglich, zu einer ausgedehnten Wassermasse, zu einem Brunnen oder einem eigens bis zum Grundwasser gegrabenen Bohrloche, senkt die Leitung hinein und bringt an dem Ende derselben noch eine Metallplatte an. Ist keine größere Wassermasse vorhanden — und selbst wenn dies stattfindet, ist es immer gut — das Ende der Leitung in mehrere Zweige auslaufen zu lassen, um eine möglichst große Oberfläche mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen.

Soll ein Blitzableiter seinen Zweck erfüllen, so muß er mit größter Sorgfalt gelegt werden; allein dann ist er auch im Stande, die Wolkenelectricität nicht blos in hohem Maaße zu neutralisiren, sondern er schützt noch, wenn eine Entladung in seine Nähe trifft, da er der Electricität die bestmögliche Leitung bietet, um sich über die Erdoberfläche auszubreiten.

Ein wohlverdientes Denkmal haben deshalb seine Mitbürger dem großen Amerikaner Franklin für diese segensreiche Erfindung gesetzt mit der Inschrift:

„Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis."
„Er entriß dem Himmel den Blitz, den Tyrannen das Scepter."

Noch ist des St. Elmsfeuers zu gedenken, einer Lichterscheinung, welche durch das Ausströmen der Electricität aus spitzigen und kantigen irdischen Objecten entsteht, wenn eine Gewitterwolke auf dieselben influencirend einwirkt. Bei den Alten wurde diese Lichterscheinung, wenn

sie auf den Masten der Schiffe doppelt erschien, Castor und Pollux, erschien sie dagegen blos einfach, Helena genannt.

Der jetzt gebräuchliche Name rührt von dem Bischof Erasmus her, welcher von den Schiffern im mittelländischen Meere als Helfer auf der See verehrt worden ist. Sein Name wurde im Italienischen zusammengezogen; so nennt Ariosto die Erscheinung „la disiata luce di Santo Ermo", woraus Santo Elmo entstanden ist. Um das Phänomen selbst näher zu characterisiren, wollen wir ein paar Beschreibungen davon anführen.

Cäsar berichtet, daß in Afrika während eines heftigen Gewitters, welches in der Nacht losbrach und die römischen Heere in Unordnung versetzte, die Wurfspieße der fünften Legion in einem hellen Lichte erglänzten: Quintae legionis pilorum cacumina sua sponte arserunt.

Der Graf Forbin sah 1696 in der Nacht auf seinem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Er befahl einem Matrosen, eines davon herabzuholen, das, über 1½ Fuß lang, auf der Windfahne des Hauptmastes saß. Der Matrose hörte, als er oben war, ein Geräusch wie von brennendem nassem Pulver; als er die Windfahne abgenommen hatte, sprang die Flamme auf die Spitze des Mastes und blieb daselbst einige Zeitlang.

Am 14. Januar 1824 bemerkte Maxadorff auf einem Felde nahe bei Cöthen, daß auf einem mit Stroh beladenen Wagen, welcher unter einer großen schwarzen Wolke stand, die Spitzen der Strohhalme sich aufrichteten und mit einem Lichtschimmer umgeben waren, selbst die

Peitsche des Fuhrmannes strahlte in lebhaftem Lichte. Die Erscheinung verschwand, sobald der Wind die Gewitterwolke hinweggeführt hatte; sie hatte etwa 10 Minuten gedauert.

Am 8. Mai 1831 gingen auf der Terasse des Fort Bab-Azoun in Algier Officiere während eines Gewitters spazieren. Jeder bemerkte, als er seinen Nachbar beobachtete, daß sich dessen Haare sträubten und einen hellen Lichtschimmer ausstrahlten. Als sie die Hände erhoben, bildeten sich an den Fingerspitzen Lichtbüschel.

Im Jahre 1855 ließ sich ein Reiter auf einem Kahne mit seinem Pferde bei Aschaffenburg über den Fluß setzen und beobachtete dabei ein Leuchten der Mähne und der Ohrenspitzen seines Pferdes, sowie der Spitze seiner Reitpeitsche.

Wer nie ein St. Elmsfeuer gesehen hat, kann sich eine sehr richtige Vorstellung davon machen, wenn er eine erregte Influenz-Electrisirmaschine in einem dunklen Raume beobachtet. Es zeigen sich nämlich dann an derselben ganz interessante Lichterscheinungen; besonders schön sind die Ausströmungen, welche man an den Enden der Spitzen wahrnimmt, die von den Papierbelegungen der festen Scheibe aus in die Ausschnitte gegen die rotirende Scheibe hin gerichtet sind. Die eine dieser Spitze läßt die positive Electricität in Form eines leuchtenden Büschels, die andere die negative Electricität als ein kleines, compartes Flämmchen ausströmen. Ganz die gleichen Erscheinungen zeigen sich auch an den Spitzen der beiden Saugkämme; die positive Electricität strömt in Form von Büscheln, die negative Electricität als eine Reihe von Flämmchen

aus; diese Flämmchen gleichen nun ganz der Erscheinung des St. Elmsfeuers.

Wir haben im Vorstehenden die Electricitätsäußerungen in der Luft als Entladungen — Blitze — und Ausströmungen — St. Elmsfeuer — kennen gelernt; allein auch in ruhendem Zustande können wir Electricität in der Atmosphäre wahrnehmen, wenn wir nur die nöthigen Vorsichtsmaßregeln treffen. Man hat zur Beobachtung dieser Luftelectricität eigene, sehr empfindliche Instrumente hergestellt, welche zugleich eine Messung der Stärke der Electricitätsäußerung gestatten. Würde man nun eine Beobachtung in der Nähe eines hohen, spitzen Thurmes oder eines großen Gebäudes versuchen, so wird man — wie dies eigentlich vorauszusehen ist — nichts von Electricität beobachten können; geht man dagegen an einen Ort, der von keinem Objecte in seiner Umgebung überragt wird, so zeigt sich am Electrometer sogleich das Vorhandensein von Electricität. Allein selbst auf einem so freien Standpuncte wird die Electricität um so stärker, je weiter man sich mit dem Instrumente über den Erdboden erhebt und zwar nimmt die Stärke der Electricität proportional mit der senkrechten Erhebung zu.

Setzt man die Beobachtungen längere Zeit hindurch fort, so findet man, daß die Luftelectricität in den meisten Fällen von der gleichen Art, nämlich positiv ist; negative Electricität wird ungemein selten beobachtet.

Bei heiterem, unbewölktem Himmel erhält man immer positive Electricität, deren Stärke beträchtlich wächst, wenn sich Nebel an der Erdoberfläche befindet

oder wenn der Niederschlag des Thaues eintritt. Die neueren Beobachtungen haben ferner übereinstimmend mit den früheren ergeben, daß die Luftelectricität im Winter weit stärker ist als im Sommer, und daß dabei nicht blos die Größe, sondern auch der Verlauf der täglichen Bewegung im Sommer und Winter verschieden ist.

Fragen wir nach der Quelle dieser Electricitätsäußerungen, so sind darüber die Ansichten der Physiker noch ungemein verschieden.

Man hat früher geglaubt, daß die Ursache der Luftelectricität in der Verdampfung des an der Erdoberfläche befindlichen Wassers und in der Vegetation der Pflanzen zu suchen sei; allein nach den Versuchen von Reich und Rieß kann dies keineswegs angenommen werden.

Nach einer anderen Ansicht hat man sich die unteren Luftschichten als unelectrisch und erst in einiger Höhe über dem Boden eine electrische Luft- oder Dampfschicht gedacht; diese Electricität wirke dann durch Influenz auf das an der Erdoberfläche befindliche Electrometer und man hat deshalb gesagt, die Luftelectricität sei gewöhnlich positiv, obwohl wir in der That negative Electricität beobachten.

Wieder eine andere Hypothese, die von Lamont und Peltier aufgestellt wurde, denkt sich die Electricität ursprünglich nicht in der Luft, sondern an der Erdoberfläche selbst befindlich. Wir wollen diese Hypothese etwas näher besprechen, da sie wenigstens geeignet ist, die hauptsächlichsten Beobachtungsresultate genetisch zu entwickeln.

Man denke sich den Erdkörper als einen ursprünglich

vollständig kugelförmigen, isolirt im Weltraume schwebenden Conductor mit glatter Oberfläche, der mit einer gewissen Menge negativer Electricität — wir wollen sie die permanente Erdelectricität nennen — geladen worden sei und von einer ganz trockenen und deshalb vollständig isolirenden Atmosphäre anfangs umgeben war, so würde jeder Punct an dieser Kugel gleich starke electrische Spannung zeigen. Diese gleichmäßige Vertheilung der Electricität an der Erdoberfläche wird aber durch zwei Umstände modificirt: durch die Erhöhungen und auch dadurch, daß die Atmosphäre nicht immer und überall trocken ist, sondern eine mehr oder weniger große Wassermasse enthält.

Was die Erhöhungen betrifft, so dürfen wir uns blos an die Wirkung der Spitzen, die wir Seite 65 kennen gelernt haben, erinnern und begreifen dann sogleich wie es kommt, daß an Hausdächern, Kirchthürmen, an Bergspitzen und Bergkämmen stets die Electricität in größerer Menge angehäuft ist.

Diese Modificationen in der gleichmäßigen Vertheilung der permanenten Erdelectricität werden im Großen und Ganzen constant bleiben; sehr veränderlich dagegen wird die electrische Spannung an der Erdoberfläche durch die zweite oben genannte Ursache, nämlich durch das in der Atmosphäre befindliche Wasser.

Wir beobachten das Wasser an der Erde bekanntlich in seinen drei Aggregatzuständen: als festes Eis, als flüssiges Wasser und als gasförmigen Wasserdampf in der Luft, und es wird im meteorologischen Theile der Naturkräfte näher auseinander gesetzt werden, wie

hier ein beständiger Kreislauf vom festen Erdkörper durch die Luft zum festen Erdkörper zurück stattfindet.

Es sei durch irgend welche Ursache, z. B. durch Verdunstung und darauffolgende Abkühlung, über einem Theile der Erdoberfläche eine Nebelmasse entstanden, so wird, da der Wasserdunst ein guter Leiter der Electricität ist und diese sich, wie wir früher gesehen haben, immer auf der Oberfläche der Leiter ausbreitet, auch die negative permanente Erdelectricität sich vom Erdboden weg auf die Oberfläche der Nebelmasse verbreiten. Wird nun durch eine von unten nach oben gehende Luftbewegung diese Nebelmasse in die oberen Luftschichten gebracht, so nimmt sie die negative Electricität mit fort und wir haben eine negativ electrische Wolke.

Die negative Electricität der Wolke wirkt aber influencirend auf die Erdoberfläche zurück und zwar wird an dem der Wolke zugewendeten Theile derselben positive Electricität durch Influenz entstehen. Je nach der Stärke dieser influencirten positiven Electricität wird das Resultat verschieden ausfallen. Ist sie schwach, so wird die negative permanente Electricität auch geschwächt; ist sie gerade so stark als letztere, so hat eine vollständige Ausgleichung statt und wir beobachten keine electrische Spannung im Electrometer. Ist aber die influencirte positive Electricität stärker als die permanente negative Electricität, so bleibt positive Electricität im Resultate übrig und wir haben den allerdings seltenen Fall, daß die Angabe des Electrometers positive Electricität erkennen läßt.

Es bilde sich nun zufällig über einem solchen Orte

der Erdoberfläche, wo durch Influenz einer negativ electrischen Wolke positive Electricität entstanden ist, wieder ein Nebel, so geht die positive Electricität zunächst auf die Oberfläche der Wassermasse; wird diese durch einen aufsteigenden Luftstrom in die Höhe gehoben, so haben wir also eine positiv electrische Wolke. Diese wirkt aber wieder rückwärts influencirend auf die Erdoberfläche; auf dem zugewendeten Theile entsteht negative Influenzelectricität, welche mit der permanenten negativen Electricität der Erde zusammen eine stärkere negative Spannung am Electrometer erkennen lassen wird, als gewöhnlich.

Wolken enthalten also in der Regel eine mäßige Menge negativer Electricität und vermindern die permanente Electricität der Erdoberfläche. In Gewitterwolken ist meistens so viel negative Electricität enthalten, daß sie, wenn sie in die Nähe kommen, die permanente Electricität ganz verdrängen und eine mehr oder minder beträchtliche positive Electricität hervorrufen. Wolken mit positiver Electricität, die nach dem Gesagten die permanente negative Electricität durch Influenz verstärken, sind sehr selten.

Die allgemeinen Beobachtungsresultate lassen sich demnach aus der Lamont'schen Hypothese ohne allen Zwang herleiten; weitere Forschungen müssen zeigen, ob sie im Stande ist, auch die complicirteren Erscheinungen zu erklären.

4. Der Galvanische Strom.

Der galvanische Strom, der gegenwärtig das Sprechen über den Ocean vermittelt, wurde entdeckt durch einen Zufall.

Im Jahre 1789 war es nämlich als Galvani, Professor der Anatomie an der Universität zu Bologna, frisch präparirte Froschschenkel mittelst metallener Hacken an einem eisernen Balcongeländer aufhängte und dabei die merkwürdige Erscheinung wahrnahm, daß dieselben in heftige Zuckungen geriethen.

Diese Zuckungen beobachtete Galvani auch, wenn er die Muskeln (Fig. 22) der Froschschenkel mit einem Kupferdrahte, ihre Nerven mit einem Eisendrahte verband und beide Drähte in Berührung brachte. Als Galvani seine Beobachtung veröffentlicht hatte, machten sich die Physiker und die Physiologen daran, die Bedingungen dieser merkwürdigen Thatsache näher zu studiren; allein sowohl Galvani selbst als die meisten seiner Zeitgenossen kamen dabei auf eine ganz falsche Fährte. Erst Alexander Volta, Professor zu Pavia, stellte eine Reihe von Experimenten an, aus welchen er die directe

Folgerung zog, daß zwei verschiedenartige Körper, namentlich Metalle, wenn sie in Berührung kommen, electrisch werden; die an der Berührungsstelle auftretende Kraft nannte er die electromotorische Kraft; ihre Stärke hängt von der Natur der zur Berührung gebrachten Körper ab. So wird z. B. diese Kraft stärker, wenn

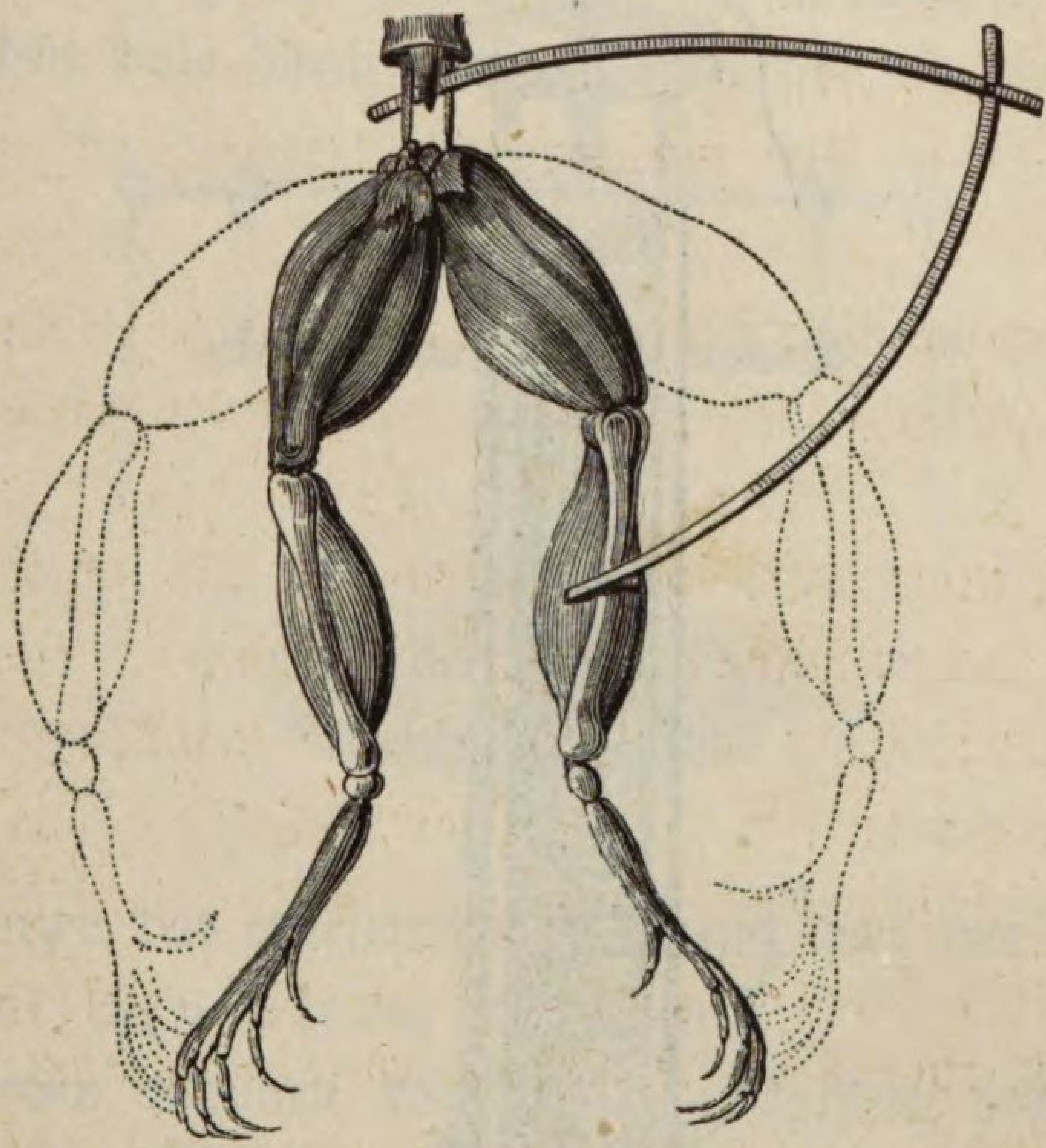


Fig. 22.

man Zink mit Platin oder Kohle verbindet als wenn man Zink mit Kupfer oder gar mit Eisen zur Berührung bringt.

Schon Volta hatte eine größere electromotorische Kraft erhalten, wenn er die beiden Metalle sich nicht direct berühren ließ, sondern dieselben durch einen feuchten Leiter — mit angesäuertem Wasser befeuchtetes Papier, Tuch oder Filz — getrennt hielt. Die nach ihm benannte Volta'sche Säule besteht aus runden Zink- und

Kupferplatten, die durch (Fig. 23) angefeuchtete Filzscheiben getrennt gehalten und in großer Anzahl auf einander geschichtet werden. Wenn auch die electromotorische Kraft bei dieser Einrichtung sehr groß war, so hatte sie doch den Uebelstand, daß durch das Gewicht der Säule

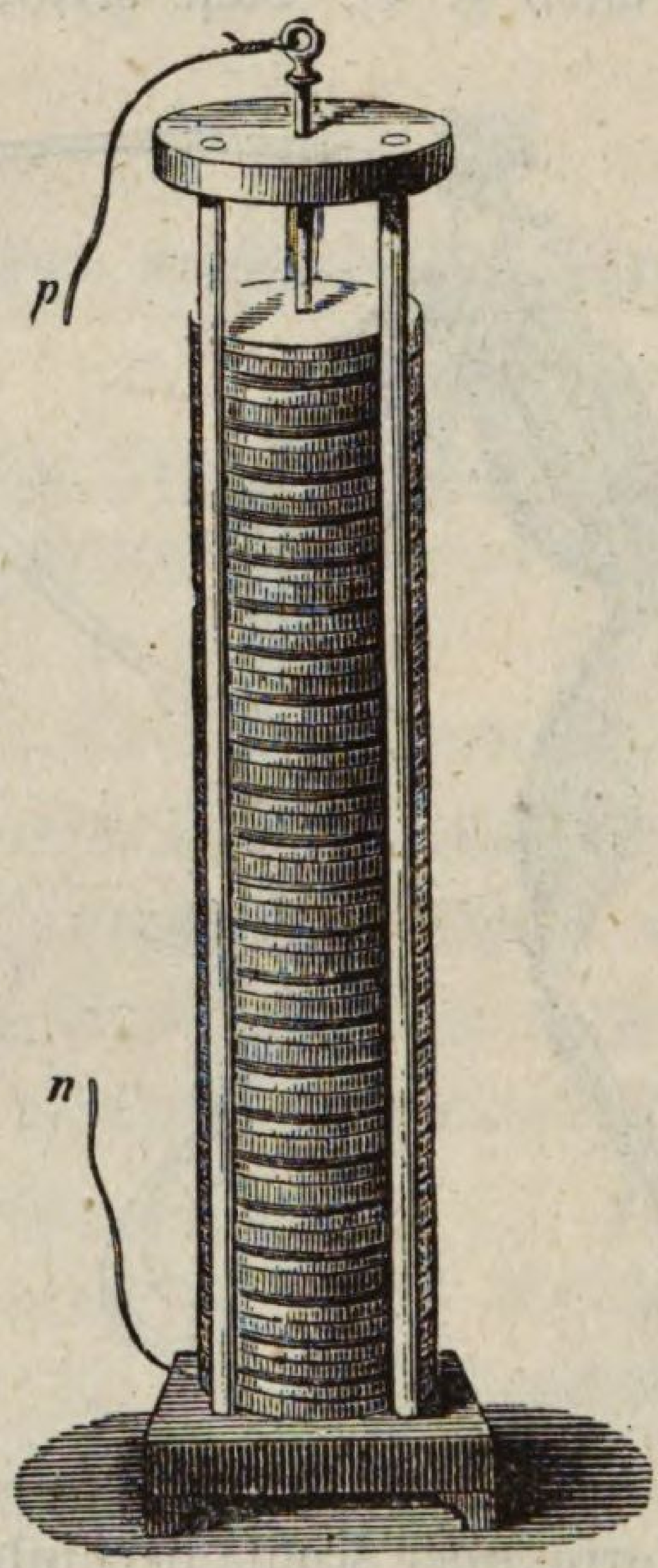


Fig. 23.

selbst die Flüssigkeit aus den Filzscheiben wieder herausgepreßt wurde. Es wurden deshalb bald darauf die Trog- und die Becherapparate eingeführt, bei welchen die einzelnen Plattenpaare in geeignete Tröge oder Becher, welche mit angesäuertem Wasser gefüllt waren, vertical hineingestellt wurden.

Nehmen wir ein einzelnes solches Plattenpaar, stellen wir dasselbe in ein Glas voll angesäuerten Wassers und untersuchen wir die hervorragenden Enden der beiden Metallplatten — die beiden Pole — mittelst eines sehr empfindlichen Electroscopes, so zeigt sich an ihnen freie Electricität und zwar besitzt der eine Pol positive der andere negative Electricität. Verbinden wir jedoch die beiden Pole durch einen Metalldraht, so circulirt in

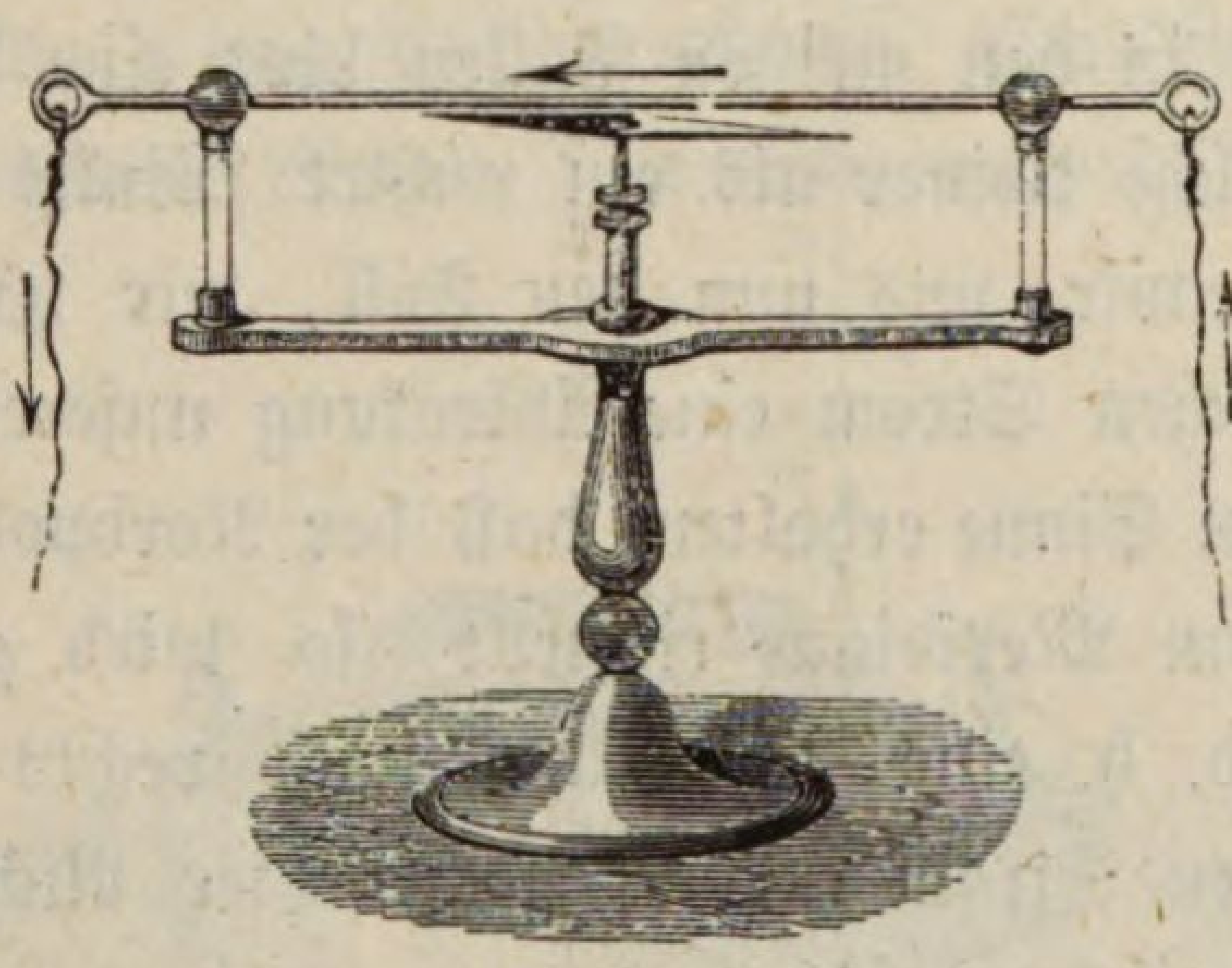


Fig. 24.

dem Ganzen das geheimnißvolle Agens, das wir als den galvanischen Strom bezeichnen.

Woran erkennen wir aber die Existenz des galvanischen Stromes, den wir äußerlich durch Nichts wahrzunehmen im Stande sind? Wie wir auf die Naturkräfte überhaupt blos aus ihren Wirkungen zu schließen im Stande sind, so gilt dies insbesondere im vorliegenden Falle und wir müssen uns deshalb vor Allem nach solchen Wirkungen näher umsehen.

Von großer Bedeutung für die gesammte Lehre vom Galvanismus sind die magnetischen Wirkungen des Stromes. Leitet man, wie dies zuerst Oersted (1819) gethan hat (Fig. 24), den Schließungsdraht eines galvanischen

Elementes über eine Magnetnadel weg, so wird diese aus der Richtung des magnetischen Meridianes abgelenkt und sucht sich senkrecht gegen dieselbe zu stellen. Sie würde diese senkrechte Lage gegen den magnetischen Meridian in allen Fällen einnehmen, wenn es nicht gerade die magnetische Erdkraft wäre, welche das Bestreben hat, die Nadel wieder in den Meridian zurückzuführen. Dies ist denn auch der Grund, warum wir durch den galvanischen Strom in den meisten Fällen blos eine Ablenkung erhalten, welche kleiner als ein rechter Winkel ist.

Denken wir uns nun den Fall, wir hätten durch den galvanischen Strom eine Ablenkung unserer Magnetnadel in dem Sinne erhalten, daß der Nordpol derselben sich links vom Meridiane einstellt, so wird gerade das Gegentheil d. h. eine Ablenkung nach rechts eintreten, wenn wir den Strom in entgegengesetzter Richtung über die Magnetnadel wegführen.

Wir erhalten aber auch eine verschiedene Ablenkung, je nachdem wir den Schließungsdraht oberhalb oder unterhalb des Magneten vorbeileiten. Um sich für jeden speciellen Fall über den Sinn der Ablenkung der Magnetnadel oder umgekehrt Rechenschaft geben zu können, hat man blos nöthig, die folgende von dem französischen Physiker Ampère angegebene und nach ihm benannte Regel im Auge zu behalten.

„Denkt man sich eine menschliche Figur in dem Stromkreise und zwar mit dem Strome schwimmend und hat diese Figur dabei ihr Gesicht beständig der Magetnadel zugewendet, so findet die Ablenkung überall in dem Sinne

statt, daß der Nordpol zur Linken der schwimmenden Person sich befindet.

Beobachten wir nach dieser Regel verschiedene Ablenkungen, so ergibt sich auch daraus die Richtung des Stromes und wir finden, daß derselbe immer im Elemente vom Zink durch die Flüssigkeit zum anderen Electromotor — dem Kupfer, Platin, der Kohle — dagegen außerhalb des Elementes vom Kupfer ꝛc durch den Schließungskreis zum Zink zurückgeht. Das Zink ist also zwar das positive Metall, sein Ende außerhalb des Elementes bildet aber den negativen Pol; ebenso heißt das Kupferende, das aus der Flüssigkeit herausragt, der positive Pol, während die Kupferplatte selbst das negative Metall ist.

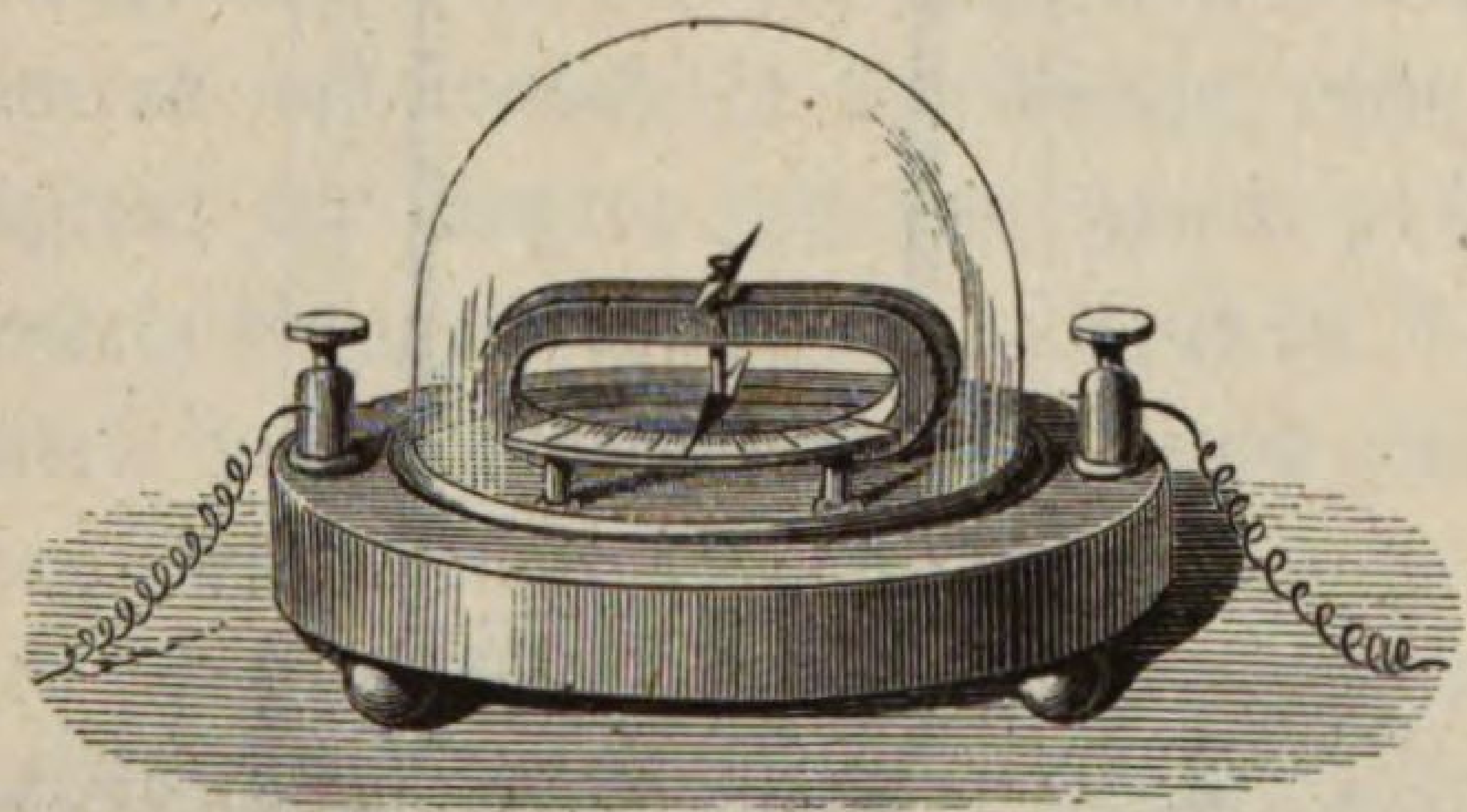


Fig. 25.

Biegt man nun den Schließungskreis des Stromes der Art um, daß er zugleich oberhalb und unterhalb der Nadel vorbeigeht, so wird sowohl von der oberen als von der unteren Hälfte des Drahtes der Magnet im gleichen Sinne und mit gleicher Stärke abgelenkt und wir erhalten schließlich eine größere Ablenkung. Die Größe derselben wird aber noch weiter erhöht, wenn wir den Schließungskreis (Fig. 25) nicht blos in einer einzigen

Windung, sondern wie dies zuerst Schweiger bei dem von ihm erfundenen Multiplicator gethan hat, in einer größeren Anzahl von Windungen um die Magnetnadel herumführen.

Man hatte so schon ein sehr empfindliches Galvanoscop, allein es ist dabei noch immer die richtende

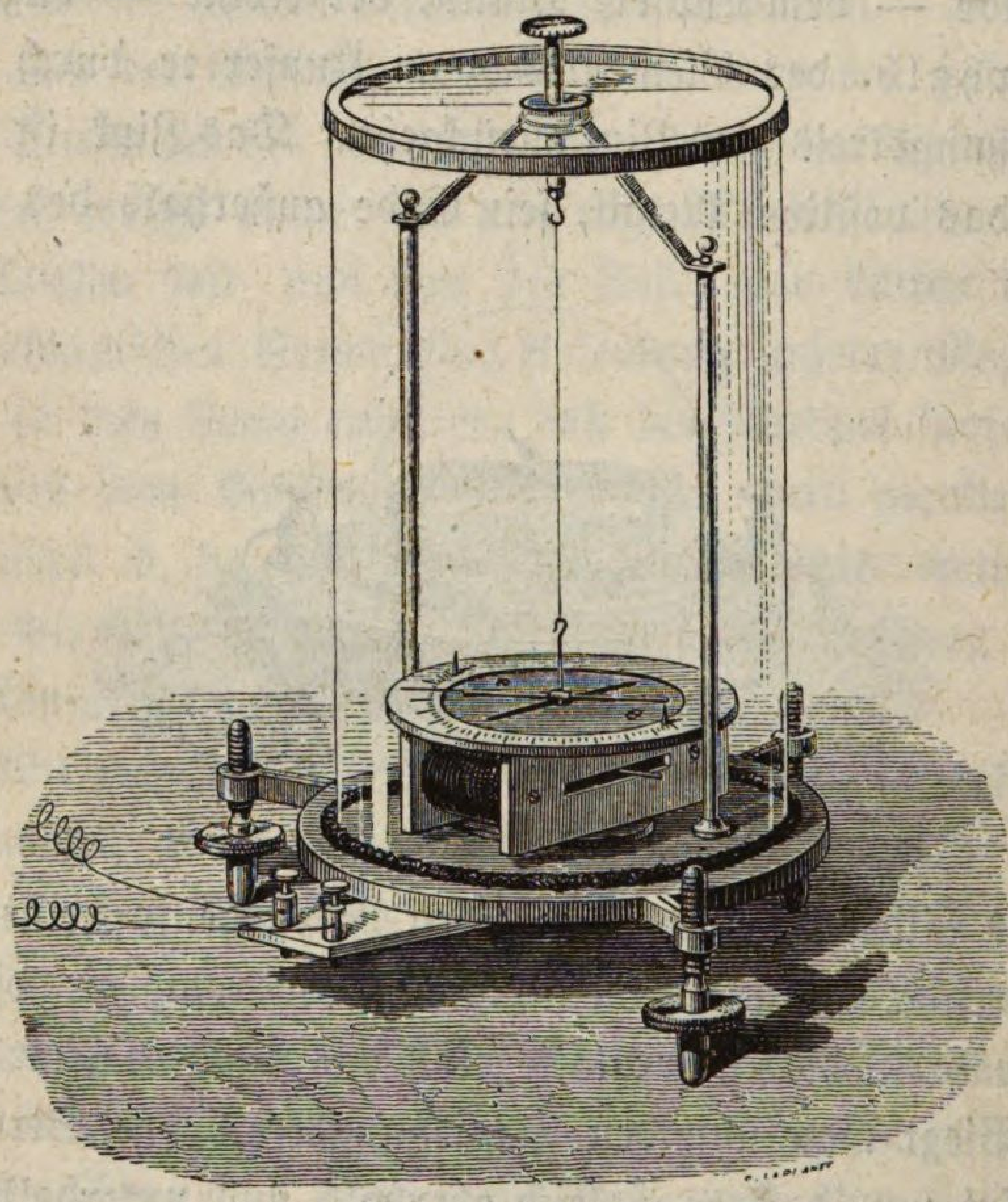


Fig. 26.

Kraft des Erdmagnetismus, welche die Nadel stets in den Meridian zurückzuführen strebt, nicht beseitigt.

Nobili hat diesem Mißstande abgeholfen, indem er zwei Magnetnadeln übereinander in der Art (Fig. 26) befestigte, daß der Nordpol der einen über den Südpol

der anderen zu stehen kommt. Sind die beiden Magnete genau gleich stark, so kann der Erdmagnetismus seine richtende Kraft nicht mehr ausüben, weil die Pole der einen Nadel angezogen werden, während in dem gleichen Maaße die Pole der anderen Nadel eine Abstoßung erfahren. Verbinden wir nun ein solches astatisches Nadelpaar so mit einem Multiplicator, daß die eine Nadel innerhalb der Windungen, die andere über denselben sich befindet, so wirkt der Multiplicator auf beide Nadeln in dem gleichen Sinne ablenkend ein, während die richtende Kraft des Erdmagnetismus beseitigt ist.

Wenn es nun freilich in der Praxis nicht möglich ist, wenigstens für längere Zeit zwei genau gleich starke Magnetnadeln herzustellen, so sind wir durch die Nobili'sche Doppelnadel doch wenigstens in den Stand gesetzt, die Einwirkung des Erdmagnetismus ungemein zu vermindern und damit die Empfindlichkeit unseres Galvanascopes beträchtlich zu erhöhen.

Nachdem wir jetzt ein brauchbares Erkennungsmittel für die Existenz des galvanischen Stromes besitzen, wollen wir eine andere Wirkung desselben betrachten, welche bei den stromerzeugenden Apparaten — den sogenannten galvanischen Elementen — selbst eine wichtige Rolle spielt. Schalten wir in den Schließungskreis des galvanischen Stromes eine mit Wasser gefüllte Glasröhre ein, deren Enden durch Metallplatten geschlossen sind, so wird der Strom dadurch zwar beträchtlich geschwächt, allein er hört damit noch nicht auf zu circuliren. Wir bemerken aber bei aufmerksamer Beobachtung dabei etwas Anderes — eine heftige Gasentwickelung an den beiden

Endplatten der Wassersäule. Fangen wir die so entwickelten Gase durch geeignete Vorrichtungen in einem Gefäße auf und untersuchen wir dieselben auf chemischem Wege, so ergibt sich, daß dasjenige Gas, welches sich an dem vom Zinkpole ausgehenden Drahtende ansammelt, Sauerstoffgas, das am andern Pole entwickelte Gas Wasserstoffgas ist.

Nun ist aber das Wasser bekanntlich aus diesen beiden Gasen zusammengesetzt und wir haben so eine neue Eigenschaft des galvanischen Stromes entdeckt, welche darin besteht, daß er das Wasser in seine Bestandtheile zu zerlegen im Stande ist.

Diese Wirkung des Stromes hat sich, so lange man die galvanischen Elemente in der oben angegebenen einfachen Form angewendet hat, als sehr nachtheilig erwiesen, denn die Stärke des Stromes nahm schon nach ganz kurzer Zeit bis zum völligen Verschwinden ab. Wie nämlich das Wasser bei unserem letzten Experimente im Glasrohre in seine Bestandtheile zerlegt wurde, so geschah dies bei den einfachen Elementen auch mit dem angesäuerten Wasser, in welchem sich die beiden stromerregenden Metallplatten befanden. Der Sauerstoff lagert sich auf der Zinkplatte ab und verbindet sich chemisch mit dem Zink zu Zinkoxyd, oder wenn die Flüssigkeit verdünnte Schwefelsäure, angesäuertes Wasser war, zu Zinkvitriol, welches von der übrigen Flüssigkeit aufgelöst wird, so daß eine freie Zinkoberfläche so lange vorhanden bleibt, als Wasser vorhanden ist, um den entstandenen Zinkvitriol aufzulösen. Anders dagegen verhält es sich mit dem auf der Kupferplatte abgesetzten Wasserstoff, denn

dieser geht mit dem Kupfer keine chemische Verbindung ein, sondern bleibt auf der Oberfläche desselben als Gasschicht liegen, so daß wir jetzt nicht mehr eine Zink- und Kupferoberfläche, sondern vielmehr eine Zink- und Wasserstoffoberfläche im angesäuerten Wasser haben. Bei einer solchen Zusammenstellung kommt aber kein galvanischer Strom mehr zu Stande und die Folge davon ist, daß der Strom, wenn die auf dem Kupfer abgelagerte Wasserstoffschicht hinreichend dicht geworden ist, vollständig verschwinden muß.

Nachdem schon Becquerel im Jahre 1829 einen glücklichen Versuch gemacht hatte, wodurch die chemische Wirkung in der Stromquelle vermindert wurde, war es der Engländer Daniell, der zuerst bei genauer Erkenntniß der thatsächlichen Verhältnisse einen erfolgreichen Schritt weiter that. Daniell schloß, daß, wenn man die Kupferplatte in eine sehr sauerstoffreiche Flüssigkeit bringen würde, der an der Kupferplatte angesammelte Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff dieser Flüssigkeit zu Wasser verbinden und so die Kupferplatte metallisch frei bleiben würde. Als solche Flüssigkeit zeigte sich eine gesättigte Lösung der blauen Krystalle von Kupfervitriol, geeignet.

Damit war jedoch das Problem noch nicht gelöst, es mußten nämlich die beiden Flüssigkeiten im Elemente — das angesäuerte Wasser am Zink und die Kupfervitriollösung an der Kupferplatte — von einander getrennt gehalten werden, ohne daß dem Durchgange des Stromes ein wesentliches Hinderniß geboten wurde.

Als ein solches trennendes Medium, das die Be-

rührung der beiden Flüssigkeiten gestattet, ohne daß ein zu rascher Uebergang derselben in einander statthatte, wandte der genannte Forscher vorerst eine Ochsengurgel an, welche später durch ein Gefäß aus porösem Porcellanthone ersetzt wurde. Die folgende Fig. 27 zeigt ein

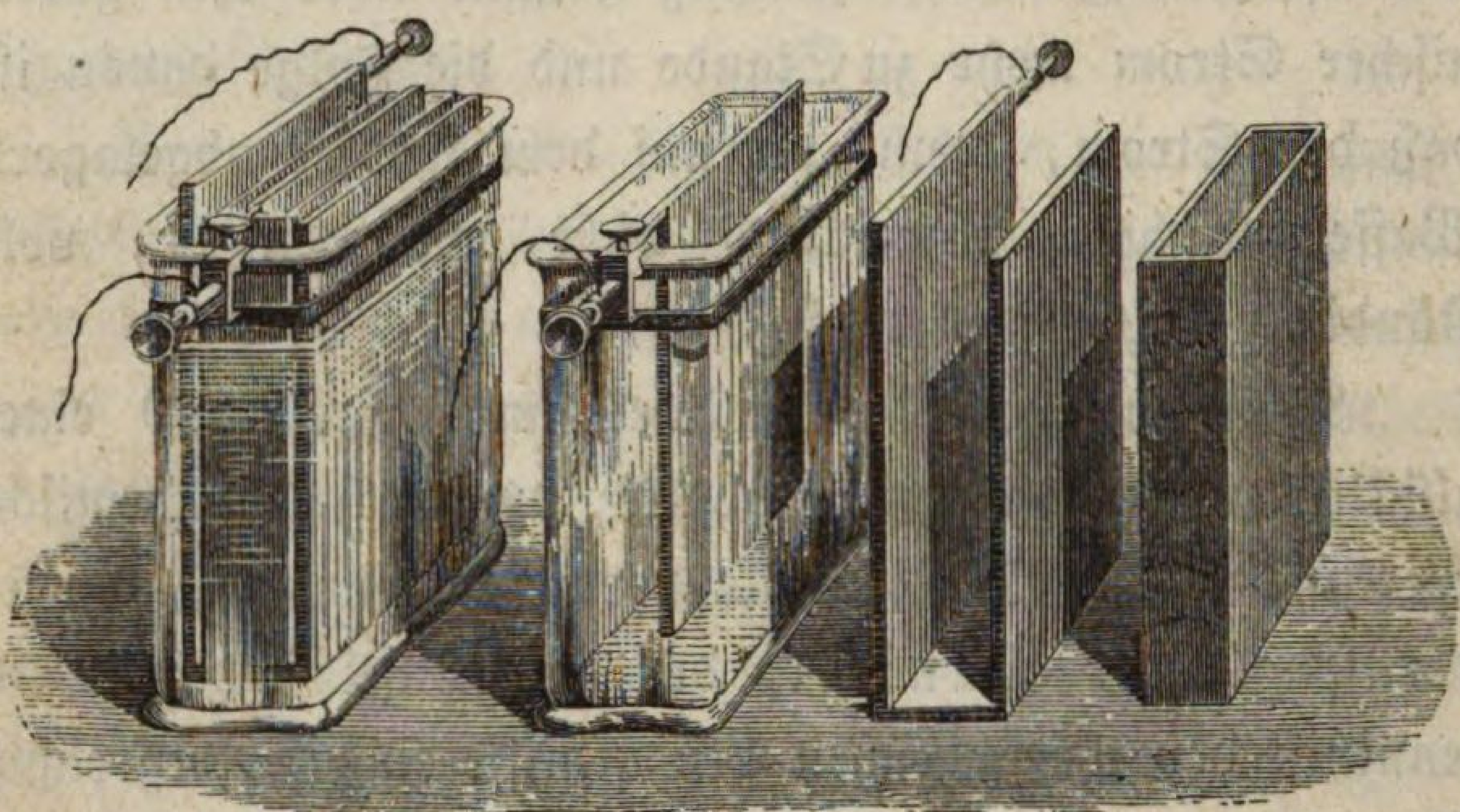


Fig. 27.

Daniell'sches Element zusammengesetzt und daneben seine einzelnen Bestandtheile auseinandergenommen.

Der Erfolg der Daniell'schen Batterie war ein sehr befriedigender und dieselbe wird auch jetzt noch mit Vortheil angewendet; allein der durch sie erzeugte Strom ist nicht stark genug, um für alle Zwecke verwendet werden zu können.

Aus diesem Grunde hat Grove anstatt des Kupfers Platin genommen und dasselbe in die sehr sauerstoffreiche Salpetersäure gestellt. Professor Bunsen in Heidelberg hat anstatt des kostspieligen Platins die Gaskohle in Salpetersäure zur Anwendung gebracht. (Fig. 28)

Ein solches Bunsen'sches Element ist in nachstehender Fig. 28 dargestellt: in dem Gefäße V befindet sich verdünnte Schwefelsäure (angesäuertes Wasser), in das die ringförmig abgebogene Zinkplatte Z gestellt wird; innerhalb des Zinkringes steht die poröse Thonzelle und in dieser die Kohle C mit der Salpetersäure.

Das Grove'sche sowohl als das Bunsen'sche Element zeichnen sich dadurch aus, daß durch sie eine große Stromstärke erzielt werden kann; allein einen längere

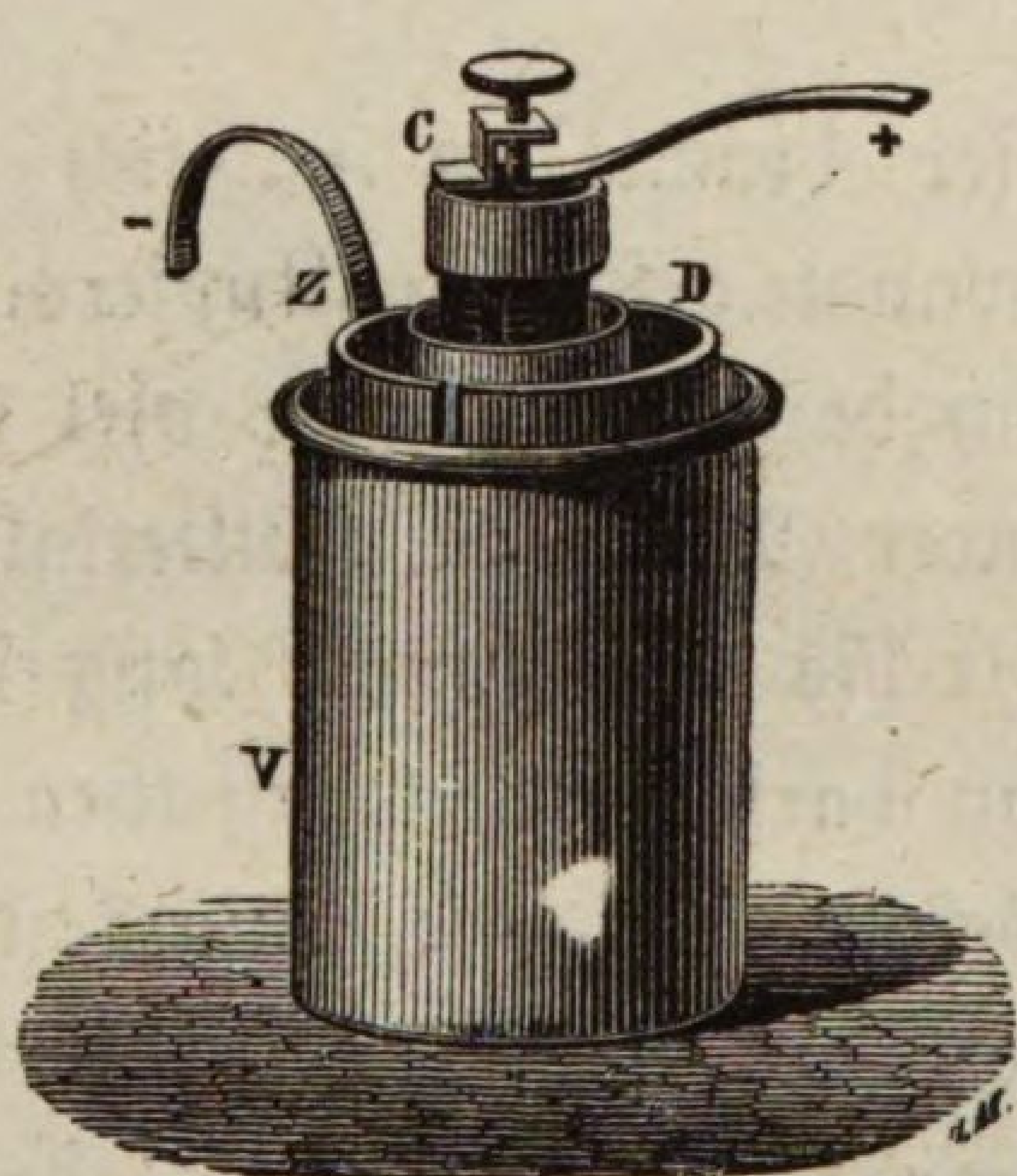


Fig. 28.

Zeit mit gleicher Stärke andauernden, einen eigentlich constanten Strom liefern sie nicht.

Welchen Mißständen wäre man aber z. B. bei unseren großen Telegraphennetzen ausgesetzt, wenn man selbst des Tages nur einmal die Batterie durch eine frisch gefüllte ersetzen müßte.

Es läßt sich leicht denken, daß auf diesen Punct das Augenmerk der Physiker ganz besonders gerichtet sein mußte, und in der That ist es der beharrlichen Forschung gelungen, Elemente herzustellen, welche, wenn sie

auch etwas geringere Stromstärken an sich liefern, doch Monate lang stehen bleiben können, ohne daß es nöthig wäre, ihre Flüssigkeiten zu erneuern. Als hierher gehörig wollen wir besonders die folgenden Einrichtungen als durch die Erfahrung bewährt in Kürze erwähnen.

Meidinger hat den originellen Gedanken gehabt, die Thonzelle ganz zu beseitigen, indem er zwei Flüssigkeiten verwendete, welche vermöge ihrer ungleichen specifischen Schwere sich lange Zeit über einander getrennt erhalten.

Zum Kupfer brachte er nämlich die bereits von Daniell angewandte gesättigte Kupfervitriollösung; darüber befindet sich das Zink in der viel leichteren Lösung von schwefelsaurer Magnesia (Bittersalz). Ein solches Element kann 10 bis 12 Monate lang seine Schuldigkeit thun; allein man darf den Ort desselben nicht verändern, ohne daß man Gefahr läuft, die Flüssigkeiten zu vermischen.

Dieser Uebelstand ist beseitigt bei dem erst vor einigen Jahren von Léclanché angegebenen Zink-Kohlen-Elemente, bei welchem das Zink in einer Lösung von Salmiak in Wasser steht, während die Kohle sich in einem angefeuchteten Brei von Braunstein (Manganhyperoxyd), mit etwas Kohle vermischt, befindet. Ein solches Element kann gleichfalls 12 Monate in Thätigkeit sein, ohne daß man nöthig hätte, etwas Anderes zu thun als das verdunstete Wasser zu erneuern.

Auf den französischen Telegraphenlinien wurde vielfach das Element von Marié Davy verwendet, welcher als Electromotoren Zink und Kohle beibehalten, allein zur Kohle schwefelsaures Quecksilberoxyd gebracht hat. Man

hat dieses Element bei kleinen Inductionsapparaten auch ohne Thonzelle verwendet und ihm dann die in beistehender Fig. 29 angedeutete Form gegeben. Am Boden

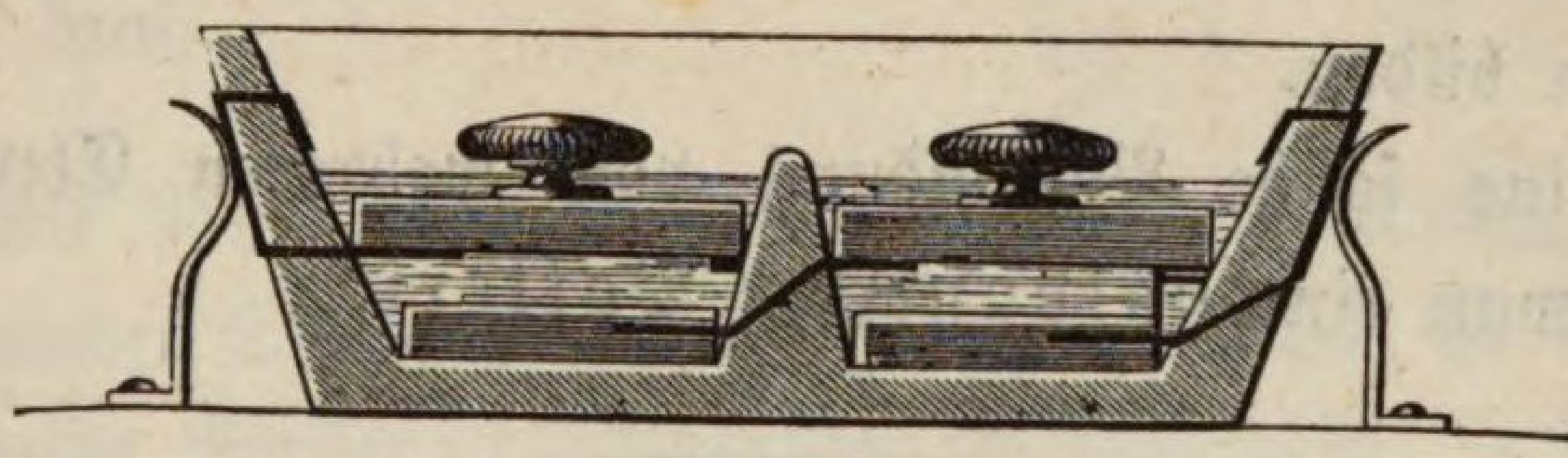


Fig. 29.

eines Troges aus Hartgummi liegen Zinkplatten, darüber das schwefelsaure Quecksilberoxyd und auf dieses sind die Kohlenplatten aufgelegt.

Wenn es sich um die Herstellung starker Ströme handelt, reicht man mit einem einzigen galvanischen Elemente nicht aus und man verbindet dann eine größere Anzahl derselben (Fig. 30) meistens zu einer Säule in der

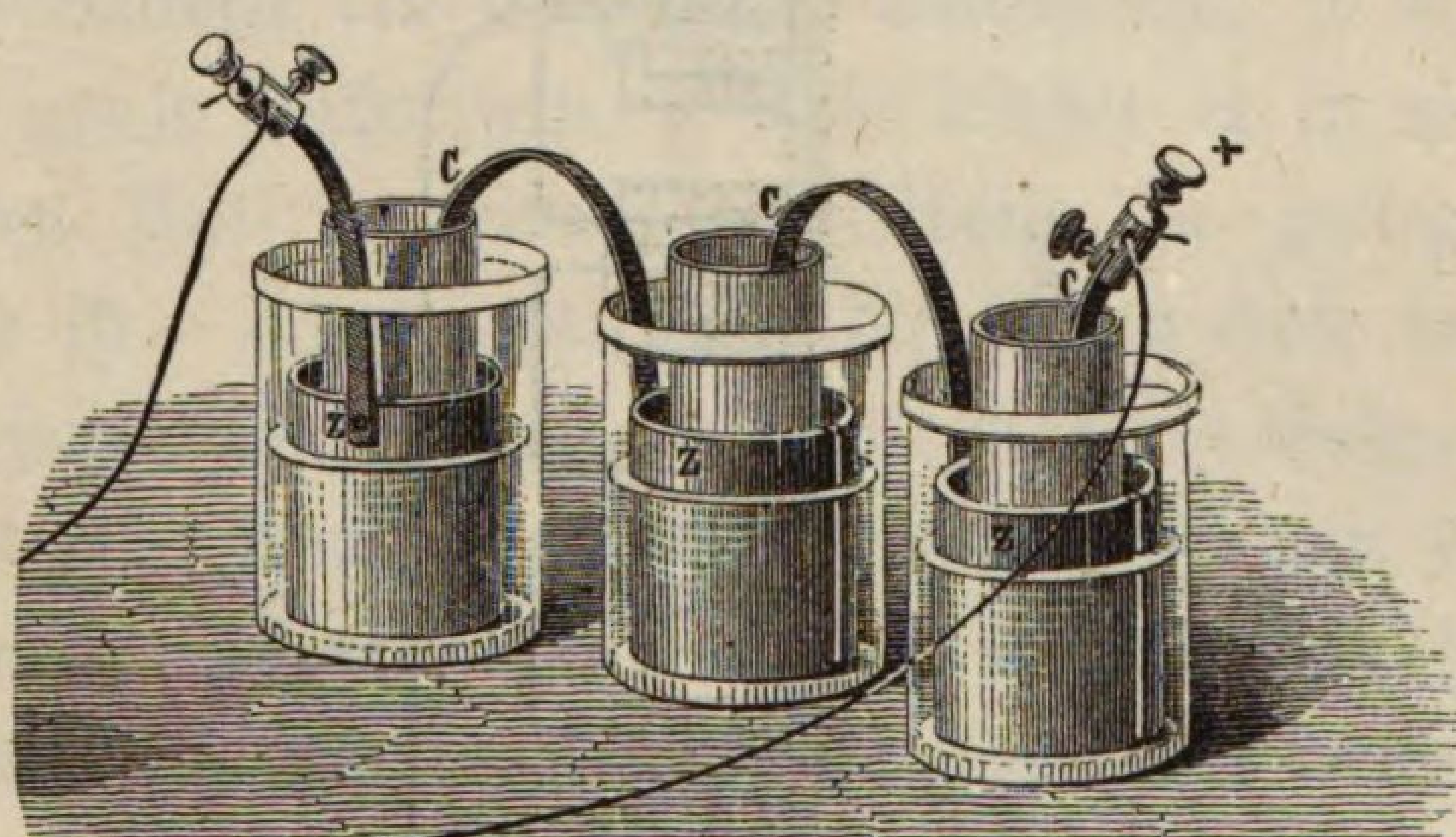


Fig. 30.

Art, daß man den negativen Pol des ersten Elementes mit dem positiven Pol des zweiten, den negativen Pol dieses

mit dem positiven Pol des dritten Elementes und so fort verbindet, so daß der positive Pol des ersten und der negative Pol des letzten Elementes die beiden Pole des Ganzen bilden.

Eine solche Verbindung von mehreren Elementen nennt man eine galvanische Batterie.

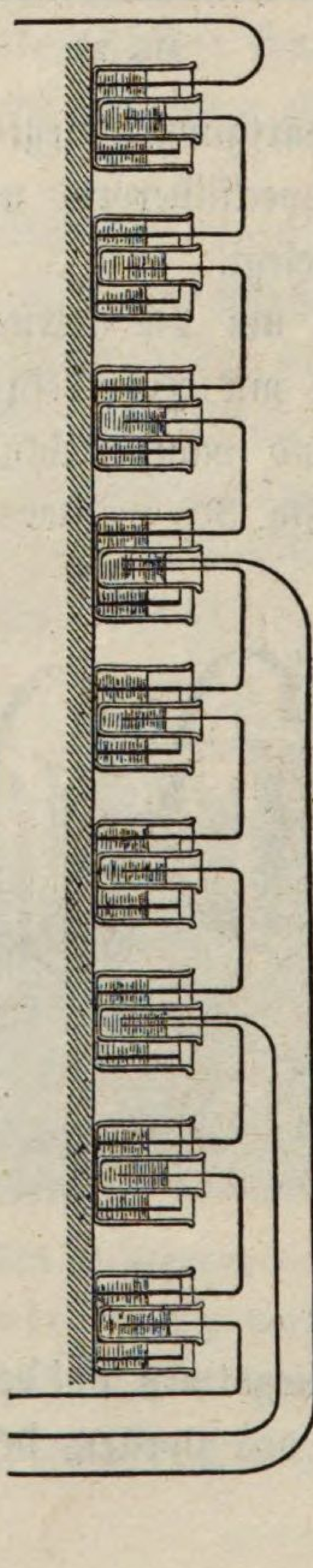


Fig. 31.

Die nebenstehende Fig. 31 zeigt noch, wie man bei einer größeren Batterie je nach Bedürfniß eine mehr oder weniger große Anzahl von Elementen gesondert benützen kann.

Wir haben im Vorstehenden zweierlei Wirkungen des galvanischen Stromes kennen gelernt: einmal ist derselbe im Stande, Wasser in seine beiden Bestandtheile, in Wasserstoff und Sauerstoff, zu zerlegen, und dann sucht er eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel senkrecht gegen seine Richtung zu stellen.

Sowohl diese magnetischen als die chemischen Wirkungen hat man benützt, um die Stärke eines galvanischen Stromes zu messen.

Schaltet man in den Schließungskreis einer galvanischen Batterie ein Gefäß mit Wasser ein, so wird der Strom um so stärker sein, je mehr Wasser er in einer bestimmten Zeit in seine Bestandtheile zu zerlegen im Stande ist. Fängt man dabei die beiden Gase in einem gemeinsamen Gefäße auf, so erhält man ein Gasgemenge, welches man Knallgas nennt, und man ist nun übereingekommen, diejenige Stromstärke als Einheit für die Stromvergleichung zu Grunde zu legen, bei welcher von dem Strome in einer Minute ein Cubikcentimeter dieses Knallgases unter normalen Temperatur- (0^{0}) und Druck- (760^{mm}) Verhältnissen gebildet wird. So bequem diese Methode zu sein scheint, so ist sie doch nicht allgemein mit Vortheil anzuwenden. Hat man nämlich z. B. einen schwachen galvanischen Strom, dessen Stärke gemessen werden soll, so dauert es, bis sich ein merkliches Gas-

volumen gebildet hat, so lange Zeit, daß der Strom während derselben seine Stärke bereits wesentlich geändert hat.

Schon aus diesem Grunde bedient man sich in den allermeisten Fällen der magnetischen Wirkungen des Stromes für die Messung seiner Stärke.

Führen wir wieder den Schließungsdraht einer galvanischen Batterie über einer Magnetnadel weg, so wissen wir, daß der Strom dieselbe senkrecht gegen seine Richtung zu stellen strebt; allein andererseits wird die Nadel durch den Erdmagnetismus (oder strenger gesprochen durch die Wechselwirkung zwischen dem Magnetismus der Nadel und dem Magnetismus der Erde) in den magnetischen Meridian zurückgezogen. Die Folge davon ist, daß sich die Nadel nicht senkrecht gegen den magnetischen Meridian stellen kann, sondern schließlich mit diesem einen Winkel bilden wird, welcher, solange wenigstens die Kraft des Erdmagnetismus die gleiche bleibt, um so größer ausfällt, je stärker der Strom ist. Man kann deshalb aus der Größe dieses Ablenkungswinkels auf die Stärke des Stromes rückwärts schließen; darauf beruht denn auch eines der wichtigsten galvanischen Meßinstrumente — die sogenannte Tangentenbussole.

Eine Tangentenbussole besteht in ihrer einfachsten Form (Fig. 32) aus einem kreisförmigen Kupferreife, in dessen Mitte sich eine kleine Magnetnadel nebst einer Kreistheilung — eine Bussole — befindet, an der man die Ablenkungswinkel ablesen kann. Der Kupferring ist jedoch nicht ganz geschlossen und seine beiden Enden tragen Verlängerungen a und c mit Klemmschrauben b und d,

in welche die Poldrähte der galvanischen Elemente eingeschaltet werden können.

Die Ebene des Kupferringes soll in den magnetischen Meridian zu stehen kommen; um dies bequem ausführen

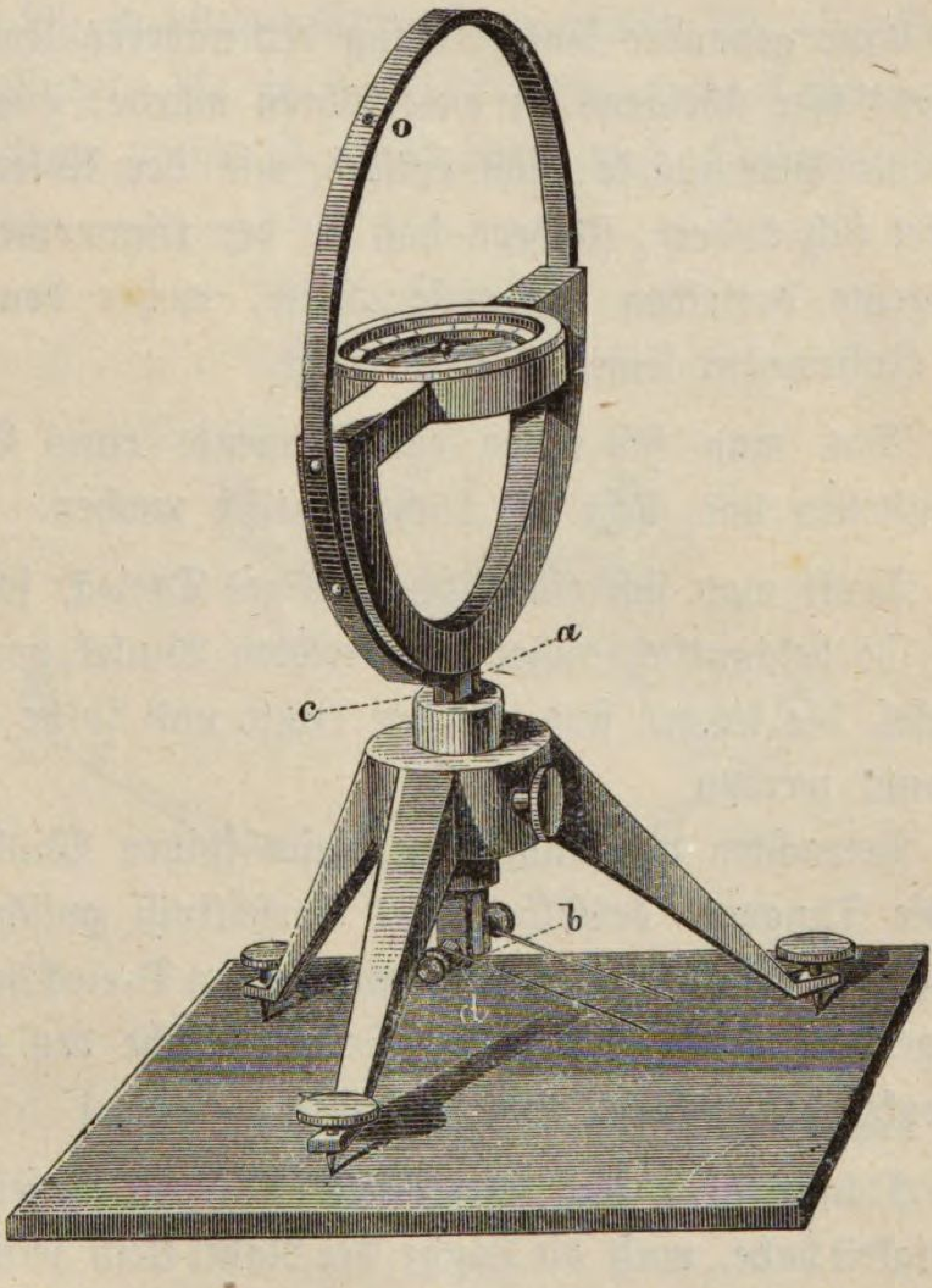


Fig. 32.

zu können, ist der ganze Kupferring um eine verticale Axe drehbar eingerichtet.

Eine solche Tangentenbussole ist aber nur für starke

Ströme brauchbar, da eine Multiplication der Stromeswirkung nicht stattfindet, und man hat deshalb auch Tangentenbussolen hergestellt, bei welchen anstatt des einfachen Kupferreifes eine größere Anzahl von kreisförmigen Drahtwindungen angebracht sind.

Eine genauere Untersuchung der näheren Umstände, die uns hier übrigens zu weit führen würde, zeigt nun, daß die Stromstärke nicht einfach wie der Ablenkungswinkel sich ändert, sondern daß sie der trigonometrischen Tangente desselben proportional ist, woher denn auch das Instrument seinen Namen trägt.

Was man sich unter der Tangente eines Winkels vorzustellen hat, läßt sich leicht deutlich machen.

Denkt man sich ein rechtwinkeliges Dreieck, so besitzt dasselbe bekanntlich außer dem rechten Winkel noch zwei Winkel, die kleiner sind als der rechte und spitze Winkel genannt werden.

Betrachten wir nun einen dieser spitzen Winkel, so ist die Tangente desselben das Verhältniß zwischen der Länge der dem Winkel gegenüberliegenden Dreiecksseite zur Länge derjenigen anliegenden Seite, welche den zweiten Schenkel des rechten Winkels bildet.

Damit aber das angeführte Tangentengesetz seine Giltigkeit habe, muß die Länge der Nadel klein sein gegen den Durchmesser des Kupferringes, sie darf in keinem Falle größer als der fünfte Theil dieses Durchmessers sein; in der Regel macht man sie sogar viel kleiner.

Blos bei ganz kleinen Ablenkungswinkeln darf der Durchmesser der Drahtwindungen kleiner genommen werden.

Man hat deshalb Instrumente hergestellt, mit welchen blos kleine Ablenkungswinkel beobachtet werden; um dabei hinreichende Genauigkeit zu erhalten, wendet man die von Poggendorff eingeführte Spiegelablesung an.

Es stelle ab (Fig. 33) einen ebenen Spiegel vor, an dem sich in einiger Entfernung eine kreisförmige Scala MM befindet, die in der Mitte eine feine Oeffnung D trägt. Eine Lampe L sende durch diese Oeffnung einen

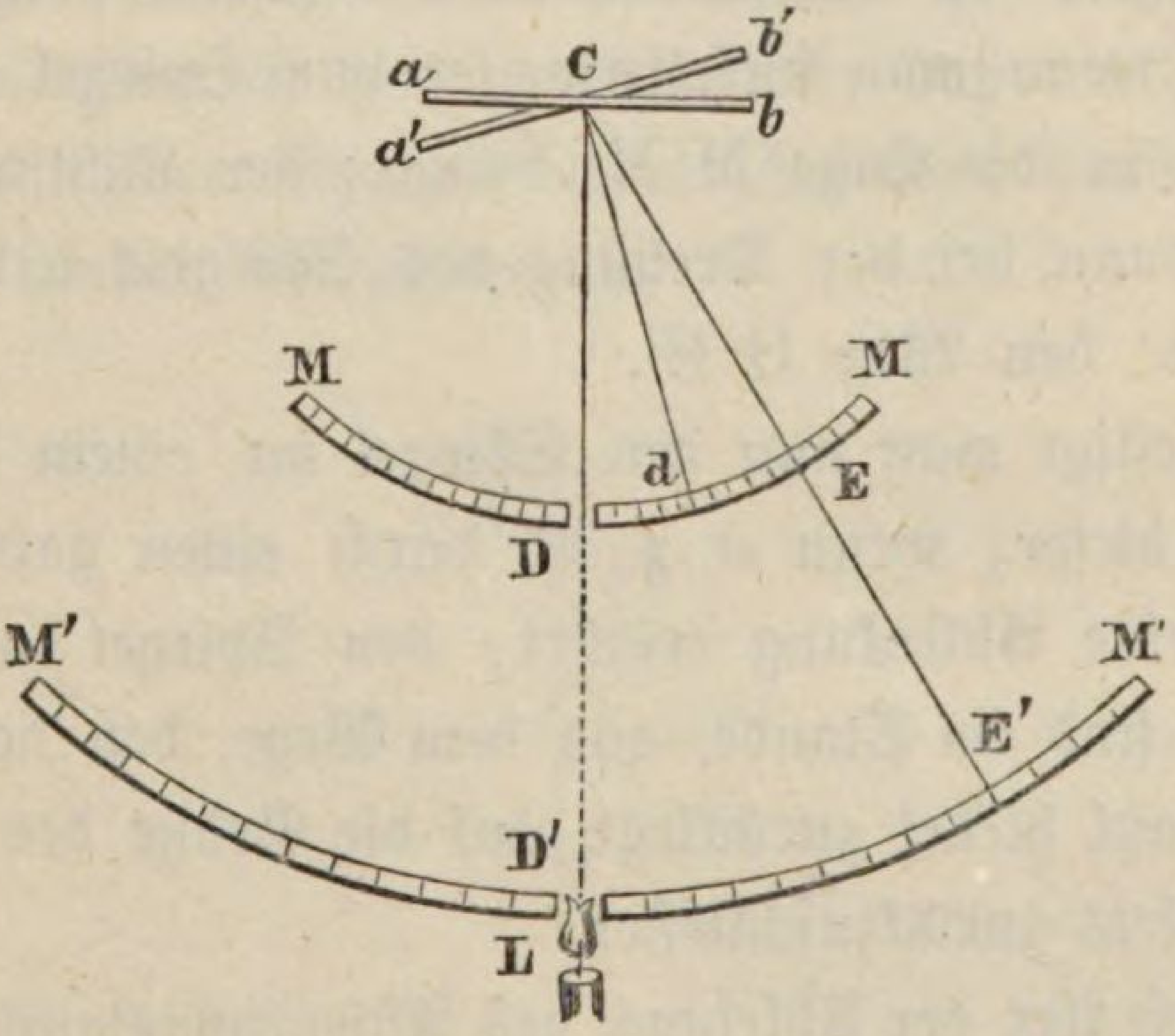


Fig. 33.

Lichtstrahl, so wird dieser nach den Reflexionsgesetzen des Lichtes*), da er senkrecht auf ab auffällt, in sich selbst reflectirt.

Drehen wir nun aber den Spiegel ab um C in die neue Lage a'b', so wird der Lichtstrahl DC jetzt nach E zurückgeworfen werden und zwar ist dabei der Winkel,

*) Siehe Pisko, Licht und Farbe, Seite 52.

den CD mit CE einschließt, doppelt so groß als der Winkel, um welchen sich der Spiegel ab gedreht hatte. Wäre umgekehrt die dem Spiegel zugewandte Seite der Scala MM beleuchtet, so würde bei der Lage a'b' des Spiegels ein durch D hindurchsehendes Auge den Punct E erblicken.

Man kann hiebei, wie dies sogleich aus der Figur erhellt, den Weg, welchen der Lichtstrahl bei der Drehung des Spiegels an der Scala MM beschreibt, noch vergrößern, wenn man dieselbe weiter vom Spiegel entfernt, sie etwa in die Lage M'M' bringt; der Lichtstrahl beschreibt dann bei der Drehung des Spiegels a b in die Lage a'b' den Weg D'E'.

Befestigt man nun den Spiegel an einem Magnet, so wird dieser, wenn er z. B. durch einen galvanischen Strom eine Ablenkung erfährt, den Spiegel mitdrehen und wir sind im Stande, aus dem Wege, den der reflectirte Strahl hiebei zurücklegt, auf die Größe des Ablenkungswinkels zurückzuschließen.

Diese Art der Ablesung des Ablenkungswinkels wird bei den sogenannten Spiegelgalvanometern angewendet. Bei denselben trägt nämlich die von kreisförmigen Multiplicatorwindungen umgebene Magnetnadel einen kleinen ebenen Spiegel S (Fig. 34).

Vor diesem steht parallel zur Spiegelebene eine geradlinige Scala, bei o befindet sich das Auge des Beobachters, das in der Regel noch mit einem kleinen Fernrohre bewaffnet wird. Erfährt der Magnet durch einen galvanischen Strom eine Ablenkung, wodurch der Spiegel in die Lage S_1 gedreht wird, so erhält der bei o befind-

liche Beobachter den Punct b der Scala in der Mitte des Fernrohres und ist damit in den Stand gesetzt, die Größe des Drehungswinkels des Spiegels und ebenso des Ablenkungswinkels des Magneten zu finden.

Wie das Spiegelgalvanometer als Signalgeber beim transatlantischen Telegraphen angewendet wird, werden wir später besprechen; zunächst wollen wir einige wichtige Resultate behandeln, zu welchen genauere Messungen der Stärke galvanischer Ströme überhaupt geführt haben.

Vor allem ist hier zu bemerken, daß die Intensität des galvanischen Stromes in verschiedenen Theilen seiner Leitung überall die gleiche ist.

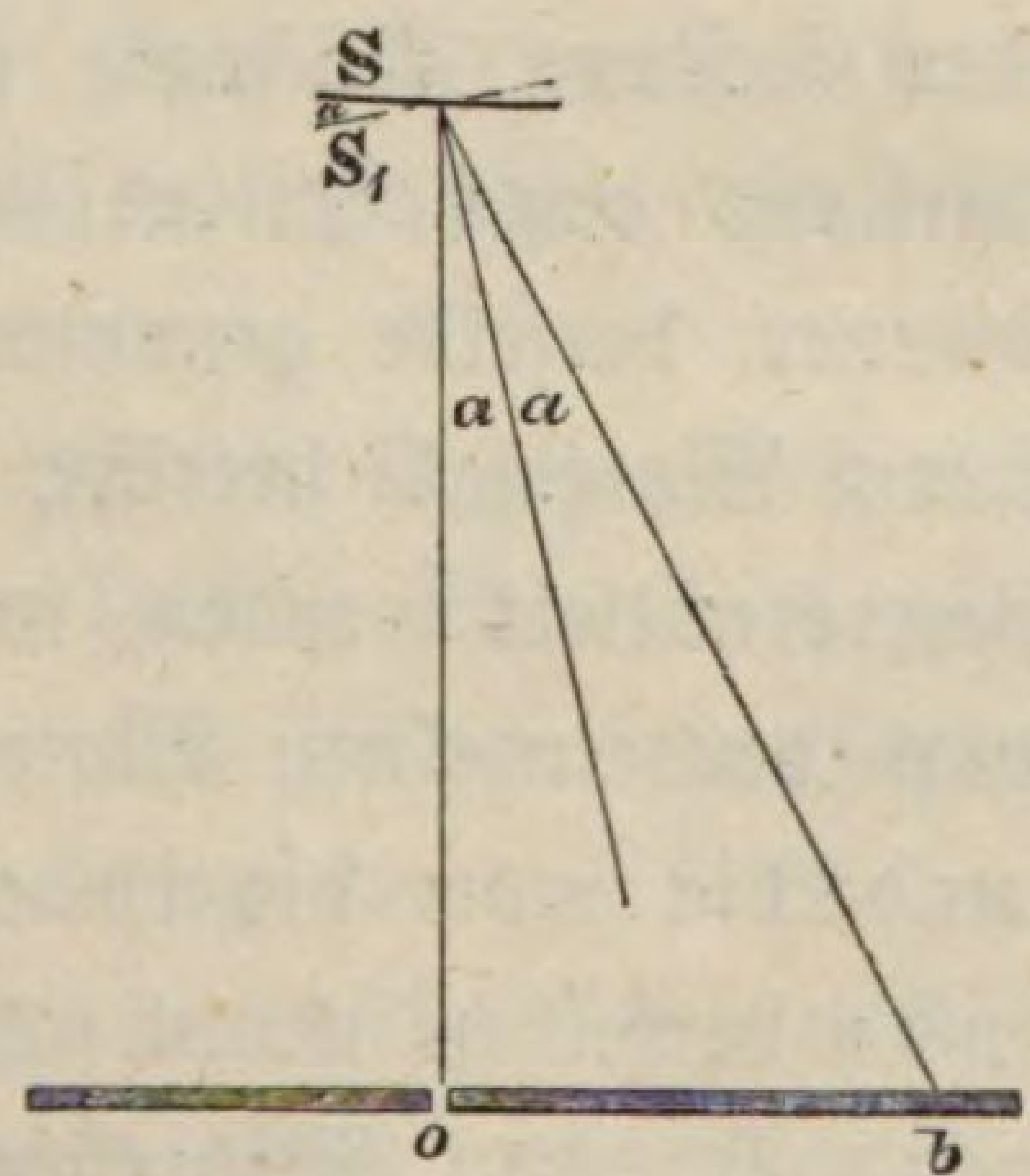


Fig. 34.

Versetzen wir nämlich eine Magnetnadel über irgend einem Theile der Stromleitung in Schwingungen und beobachten wir die Dauer einer einzigen solchen Schwingung, so finden wir dafür immer dasselbe Zeitintervall, was beweist, daß die Kraft, welcher außer dem Erdmagnetismus auf die Magnetnadel eingewirkt hat, näm-

lich die Stromstärke, in allen Theilen des Schließungskreises die gleiche sein muß, denn außerdem hätte die Magnetnadel ihre Schwingungen über dem einen Theile in längerer oder kürzerer Zeit vollenden müssen als an einem anderen Theile.

Schaltet man in den Schließungskreis eines galvanischen Elementes eine Tangentenbussole ein, so können wir aus dem Ablenkungswinkel auf die Stromintensität schließen. Fügen wir nun außer der Tangentenbussole noch einen anderen Leiter in den Schließungskreis ein, so wird dadurch auch die Stromstärke geändert, und wir finden bei weiter fortgesetzter Untersuchung, daß dem Strome durch seine eigene Leitung ein Widerstand geboten wird, welcher von der Länge, dem Querschnitte und dem Materiale der Leitung abhängig ist. Dabei wird nämlich der Widerstand eines Leiters um so größer, je länger und je dünner derselbe genommen wurde; was die Abhängigkeit vom Materiale betrifft, so mußten durch Versuche die Zahlen ermittelt werden, welche eine gegenseitige Vergleichung der einzelnen Materialien untereinander gestatten und die man die specifischen Leitungswiderstände derselben nennt.

Setzen wir z. B. den Widerstand, welchen ein Kupferdraht von einem Meter Länge und einem Quadratmillimeter Querschnitt dem galvanischen Strome bietet, gleich Eins, so besagt der Ausdruck, daß der specifische Leitungswiderstand des Neusilbers 15 sei: ein Neusilberdraht von einem Meter Länge und einem Quadratmillimeter Querschnitt bietet dem Strome einen fünfzehn mal größeren Widerstand dar als ein gleich langer und gleich dicker Kupferdraht.

Nehmen wir wieder eine Tangentenbussole und lassen wir der Reihe nach unter sonst gleichen Umständen den Strom eines Daniell'schen Elementes, dann eines Bunsen'schen, Grove'schen rc. Elementes durch dieselbe hindurchgehen, so erhalten wir sehr verschiedene Angaben der Magnetnadel; die electromotorischen Kräfte, welche in den einzelnen Elementen die Veranlassung zum galvanischen Strome geben, sind also gleichfalls verschieden.

G. S. Ohm war es, der in seiner im Jahre 1827 erschienenen Schrift: „Die galvanische Kette" zuerst das ungemein wichtige und nach ihm benannte Gesetz gefunden hat, daß man immer die Stromstärke erhält, wenn man die electromotorische Kraft der Stromquelle dividirt durch den Widerstand, welcher dem Strome in seinem ganzen Kreislaufe geboten wird.

Ohm selbst hat sein Gesetz zuerst nicht mittelst hydrogalvanischer d. h. solcher Elemente bewiesen, bei welchen wie bei den von uns bisher betrachteten Arten Flüssigkeiten zur Anwendung kommen; er wandte dazu sogenannte thermogalvanische Elemente an.

Verbindet man zwei verschieden harte Stäbe eines Metalles oder zwei verschiedene Metalle miteinander und führt man die Enden derselben in den Drahtkreis eines empfindlichen Galvanometers ein, so entsteht in dem Momente ein galvanischer Strom, in welchem wir eine Temperaturdifferenz zwischen der Verbindungsstelle der beiden Metalle und dem Schließungskreise erzeugen, und zwar wird der Strom um so stärker, je größer diese Temperaturdifferenz ist.

Die Stromstärke hängt aber auch hier von der Natur der verwendeten Metalle ab. So gibt z. B. Wismuth und Antimon zu einem thermogalvanischen Elemente verbunden einen stärkeren Strom als Wismuth — Zinn oder Wismuth — Kupfer.

Die stärksten thermogalvanischen Ströme hat bisher Marcus in Wien zu Stande gebracht durch die Anwendung von Legirungen — von Kupfer, Zink und Nickel auf der einen, dann Antimon, Zinn und Wismuth auf der anderen Seite —; er konnte mit einer Verbindung von 10 solchen Elementen die gleichen Wirkungen wie mit einem mittelgroßen Daniell'schen Elemente hervorrufen.

Ist bei den thermogalvanischen Strömen das Galvanometer hinreichend empfindlich, so wird der Strom schon wahrgenommen, während die Temperaturdifferenz an der Verbindungsstelle der beiden Metalle im Elemente noch so gering ist, daß sie mit keinem gewöhnlichen Thermometer mehr constatirt werden kann. Dieser Umstand gab Melloni Veranlassung, Thermoëlemente umgekehrt als die empfindlichsten Thermoscope zu verwenden und hat zu den interessantesten Endeckungen in der Lehre von der Wärme-Strahlung geführt.

Man verwendet bei solchen Untersuchungen, um die Empfindlichkeit zu erhöhen, immer eine größere Anzahl zu einer Thermosäule verbundener Elemente (Fig. 35), welche man in eine geeignete Fassung einläßt.

Wird dann die Verbindung mit einem Multiplicator hergestellt (Fig. 36) und die eine Reihe von Verbindungsstellen der beiden Metalle der einzelnen Elemente er-

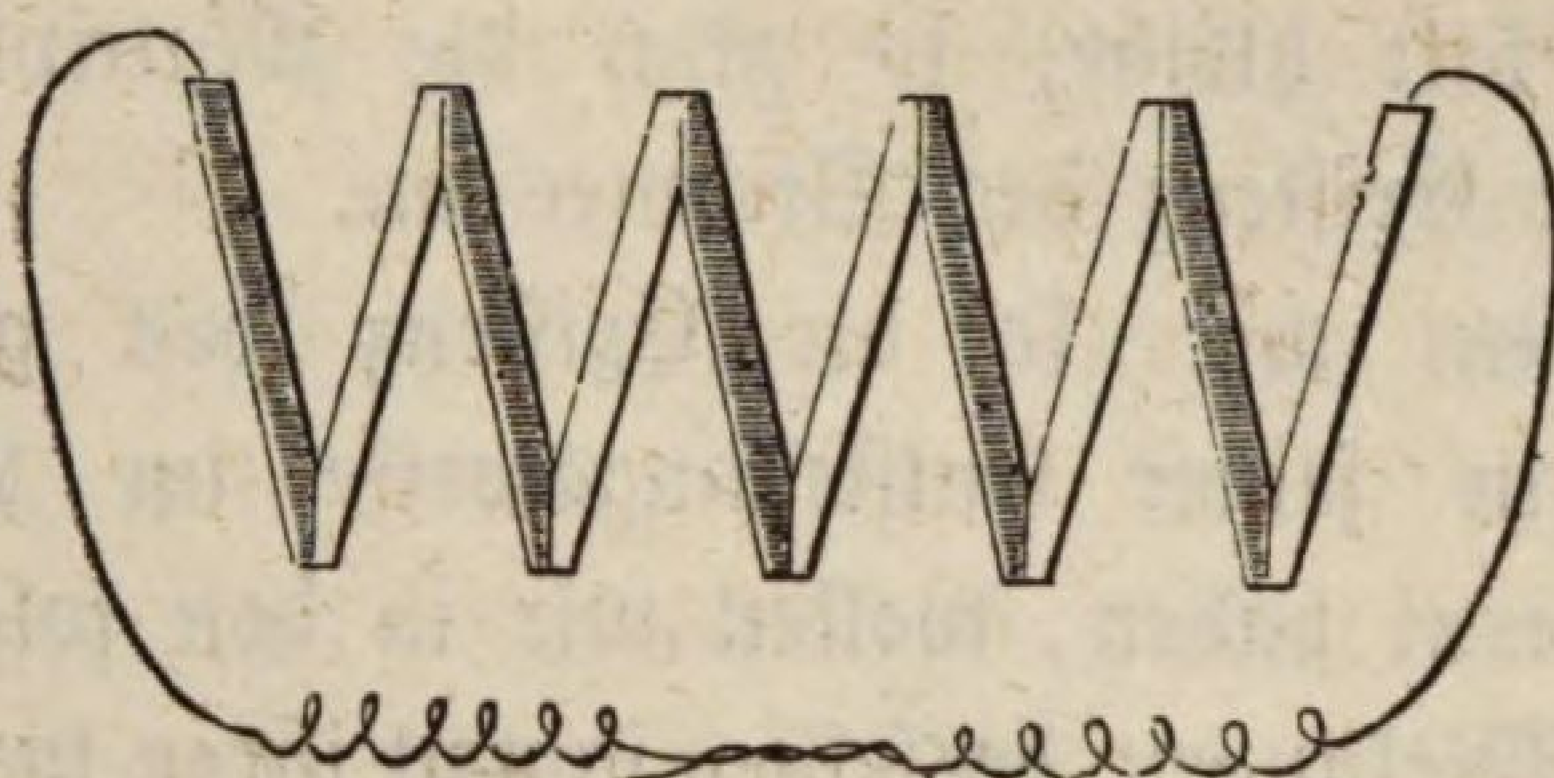


Fig. 35.

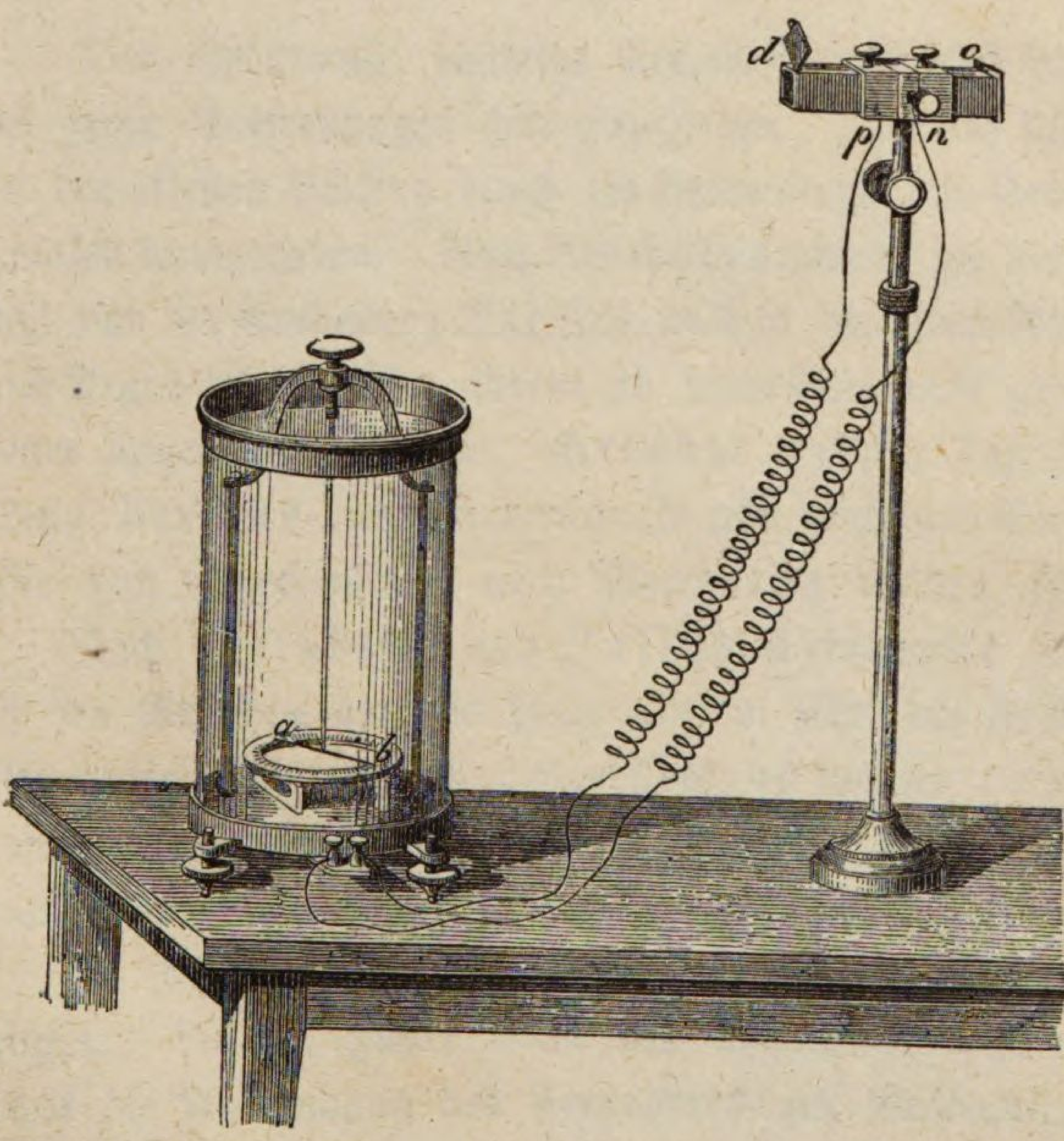


Fig. 36.

wärmt, während die andere Reihe und der äußere Schließungskreis kalt bleibt, so zeigt die Multiplicatornadel sogleich die Existenz des Stromes an.

Nachdem wir so die Existenz des galvanischen Stromes in seiner Entstehungsweise im Allgemeinen kennen gelernt haben, wollen wir in den folgenden Capiteln die Wirkungen desselben sammt ihren weittragenden Anwendungen etwas ausführlicher behandeln.

5. Die Telegraphie.

Das Bedürfniß, wichtige Ereignisse möglichst rasch auf große Entfernungen hin anzuzeigen, hat sich schon bei den ältesten Völkern durch die Anwendung von Feuersignalen kundgegeben. Nach Aeschylus wurde die Nachricht von der Eroberung Troja's noch in derselben Nacht nach Argos telegraphirt, indem an neun Stationen große Feuer angezündet wurden. Herodot erzählt, daß sich König Perseus durch Feuersignale alle wichtigen Ereignisse von Griechenland nach Macedonien melden ließ.

Nach Polybius und Julius Afrikanus war bei den Griechen um das Jahr 450 v. Chr. die Fackeltelegraphie schon ziemlich ausgebildet; es konnten bereits durch verschiedene Combinationen von Fackeln bestimmte Zeichen gegeben werden.

In diesem rohen Zustande blieb jedoch die Telegraphie, bis im Jahre 1684 der Engländer Robert Hook die Anwendung des Fernrohres zur Beobachtung von aus der Ferne gegebenen Signalen vorschlug; allein es sollten noch mehr als hundert Jahre vergehen, bis der französische Ingenieur Claude Chappe einen

geeigneten Signalgeber einführte und im Jahre 1794 die erste eigentliche Telegraphenlinie zwischen Paris und Lille auf eine Distanz von 60 französischen Meilen mit 22 Zwischenstation dem förmlichen Betriebe übergeben konnte. Bald mehrten sich nun die Telegraphielinien und der Nutzen, welchen der erste Napoleon von denselben zog, gab Veranlassung, daß auch in England, Preußen und anderen Ländern optische Staatstelegraphen (Fig. 37) eingerichtet wurden. Gegenwärtig finden wir diese Art der Telegraphie freilich blos noch an den Bahnwärterhäuschen einzelner Eisenbahnlinien; der galvanische Strom hat die Mittel geboten, sich von den Mißständen derartiger, immerhin unsicheren Einrichtungen unabhängig zu machen.

Unser Landsmann Sömmering war der Erste, der eine Wirkung des galvanischen Stromes zum Telegraphiren in Anwendung brachte und bereits im Jahre 1808 in München einen Apparat construirte, bei welchem die Wasserzersetzung durch den Strom benützt wurde, um in die Ferne Signale zu versenden. Ampère machte im Jahre 1820 den Vorschlag, die Ablenkung der Magnetnadel für die Telegraphie zu verwerthen und Ritchie hat diesen Vorschlag im Modelle ausgeführt, allein er hatte noch soviele Multiplicatoren und damit ebensoviele Zuleitungsdrähte, die von einer Station nach der andern gehen sollten, nöthig als das Alphabet Buchstaben besaß oder überhaupt soviele als eben Zeichen zu geben waren. Dem russischen Staatsrathe, Baron Schilling von Cannstadt gebührt das Verdienst, die Zahl der Leitungsdrähte von einer Station nach der andern auf zwei reducirt zu haben.



Fig. 37.

Bis dahin waren es jedoch immer noch Versuche im Kleinen; die erste Ausführung in größerem Maßstabe verdanken wir Gauß und Weber, welche im Jahre 1833 einen vereinfachten Apparat mit nur zwei Leitungsdrähten zwischen der Sternwarte und dem phisikalischen Cabinete in Göttingen einrichteten und damit bewiesen, daß das Problem der electromagnetischen Telegraphie wirklich practisch lösbar sei.

Der Münchener Academiker Steinheil erhielt bald darauf vom Könige von Bayern den Auftrag, eine der Göttinger ähnliche Telegraphenleitung zwischen dem Academiegebäude in München und der Sternwarte in Bogenhausen auszuführen, welche auch im Jahre 1837 zu Stande kam.

Der günstige Erfolg seiner Untersuchungen veranlaßte Steinheil, auch an den damals im Entstehen begriffenen Eisenbahnlinien seine Versuche fortzusetzen und bei dieser Gelegenheit wurde er auf die ungemein wichtige Benützung der Erde als Leitung geführt, wodurch die eigentliche Telegraphenleitung auf nur einen einzigen Draht zurückgeführt war.

Nach diesen wenigen historischen Bemerkungen wollen wir nun etwas näher auf die Sache selbst eingehen und versuchen, unseren Lesern einen genaueren Einblick in das Wesen der electromagnetischen Telegraphie zu geben.

Wenn wir die Wirkungen des galvanischen Stromes zum Telegraphiren überhaupt verwenden wollen, so ist vor Allem klar, daß wir dazu eine galvanische Batterie nöthig haben, in deren Schließungskreis — die Leitung — die beiden Stationen, zwischen welchen telegraphische

Depeschen befördert werden sollen, eingeschaltet sein müssen. Bringen wir dann an der einen Station Vorrichtungen an, vermittelst welcher der Schließungskreis geschlossen oder geöffnet werden kann, so wird der galvanische Strom an der anderen Station, wenn daselbst wieder geeignete Einrichtungen vorhanden sind, seine Wirkungen zu erkennen geben und zwar solange eben der Stromkreis geschlossen ist. Die Apparate an den beiden Stationen müssen also der Art eingerichtet werden, daß an der ersten, der zeichengebenden Station, der Strom, um bestimmte Zeichen geben zu können, in ganz bestimmter Weise geschlossen werden kann, und daß an der zweiten, der zeichenempfangenden Station, aus den Stromwirkungen mit Sicherheit beurtheilt werden kann, welches Zeichen an der ersten Station gegeben wurde. Man unterscheidet deshalb bei jedem Telegraphen den Zeichengeber oder Manipulator und den Zeichenempfänger oder Receptor. Man hat bisher dem Manipulator sowohl als dem Receptor die verschiedenartigsten Einrichtungen gegeben und kann darnach auch verschiedene Classen von Apparaten unterscheiden als Nadeltelegraphen, Zeigertelegraphen, Schreibtelegraphen, Typen-Drucktelegraphen, Copirtelegraphen.

Die Nadeltelegraphen sind gegenwärtig nur noch in England und auch hier blos in ganz beschränkter Weise im Gebrauche, dagegen haben die Zeigerapparate noch eine ziemlich große Verbreitung namentlich an den französischen Eisenbahnlinien, wir wollen deshalb einen der verbreitetsten derselben, den Breguet'schen Zeigertelegraphen etwas näher beschreiben.

Bevor wir aber dazu übergehen können, müssen wir unsern Lesern vor Allem erklären, was man unter einem Electromagneten zu verstehen hat.

Windet man um ein gerades Stück weichen Eisens einen isolirten, mit Seide übersponnenen Kupferdraht spiralförmig auf, so wird in dem Momente, in welchem der Strom durch die Drahtspirale geht, der weiche Eisenkern ein Magnet, und zwar ist dasjenige Ende, welches vom Strome, wenn man es von vorn betrachtet, in dem Sinne umflossen wird, wie sich der Zeiger einer Uhr vor dem Zifferblatte wegbewegt, ein Südpol, das andere Ende ein Nordpol geworden.

Einen auf solche Weise entstandenen Magneten nennt man einen Electromagnet.

Biegt man das weiche Eisenstück hufeisenförmig um, so haben wir dasselbe Verhältniß wie zwischen einem stählernen Hufeisenmagnet und einem geraden Magnetstabe, wir haben einen sogenannten doppelschenkeligen Electromagneten, der, solange ihn der Strom umkreist, genau die gleichen Eigenschaften besitzt, wie ein permanenter Stahlmagnet (Fig. 38). Der Magnetismus verschwindet aber sogleich fast vollständig wieder, sobald man den Schließungskreis des Stromes unterbricht.

Dieses Entstehen und Verschwinden des Magnetismus in einem weichen Eisenkerne mit dem Schließen und Oeffnen des Stromkreises spielt nun in der Telegraphie eine Hauptrolle. Bringt man (Fig. 39) nämlich vor einem Electromagnet einen Anker A von weichem Eisen an, der um eine Axe V V' drehbar ist, so wird derselbe, sobald der Strom im Drahte des Electromagneten cir-

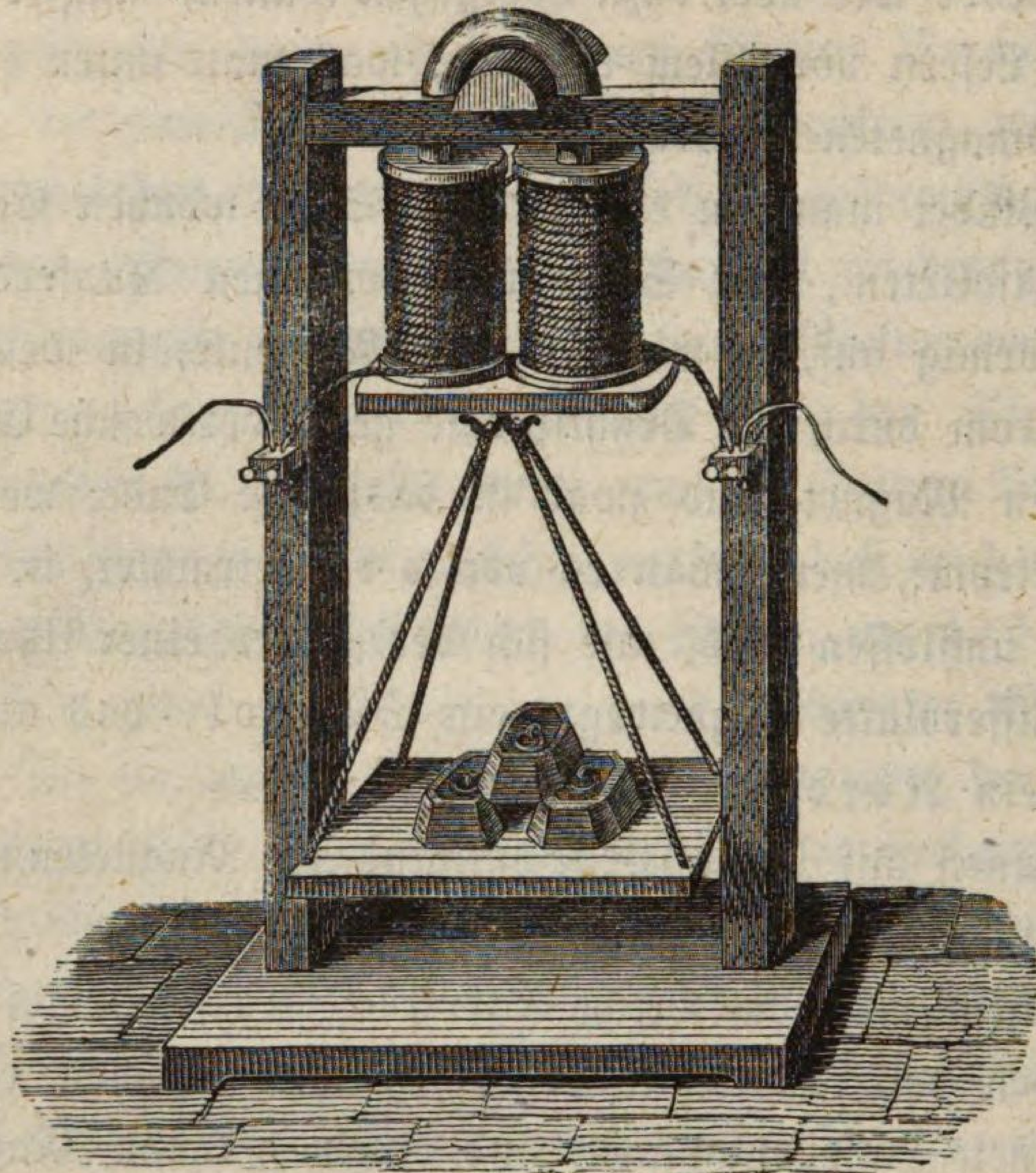


Fig. 38.

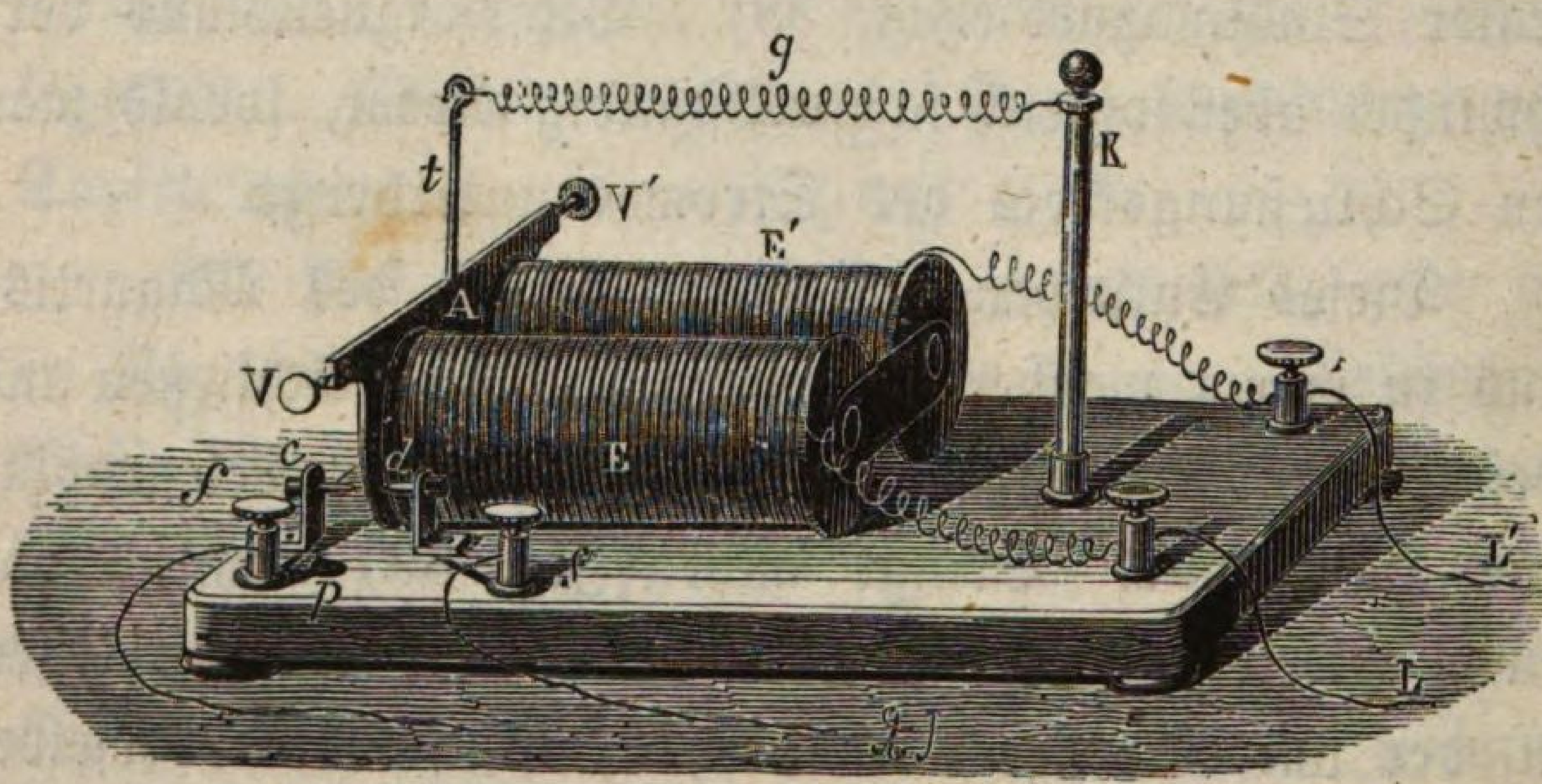


Fig. 39.

culirt, angezogen; sobald der Strom im Drahte verschwindet, zieht die Feder g den Anker in seine ursprüngliche Lage zurück.

Bei den meisten electromagnetischen Telegraphen ist nun der Manipulator nichts anderes als ein Apparat, der dazu dient, in geeigneter Weise den Stromkreis zu öffnen und zu schließen, während der Receptor im Wesentlichen aus einem Electromagneten besteht, mit dessen Anker eine Vorrichtung verbunden ist, welche das Oeffnen und Schließen des Stromes und damit das Anziehen und Zurückgehen des Ankers auf einen Mechanismus überträgt, der den Telegraphisten an der Empfangsstation in den Stand setzt, sogleich zu erkennen, welches Zeichen der Abgeber der Depesche mit dem Oeffnen und Schließen des Stromes geben wollte.

Der Zeigertelegraph.

Wir wollen jetzt sehen, wie diese Puncte beim Breguet'schen Zeigerapparate in Wirklichkeit ausgeführt sind.

Am Manipulator desselben sieht man außen eine kreisförmige Scheibe (Fig. 40), welche rings herum die 25 Buchstaben des Alphabetes und ein Kreuz, sowie concentrisch damit die Zahlen 1 bis 25 mit dem Kreuze, im Ganzen also 26 Zeichen trägt. Im Centrum dieser Scheibe ist eine Curbel um eine Axe drehbar. Unterhalb der Zeichenscheibe befindet sich, an der Curbelaxe befestigt, eine zweite Metallscheibe, welche an ihrem Rande wellenförmig ausgeschnitten ist und halb soviele Erhöh-

ungen (Wellenberge) oder Vertiefungen besitzt als Zeichen an der oberen Scheibe vorhanden sind.

An diese Wellenscheibe legt sich ein Hebel ll' an, der um eine Axe bei O drehbar ist.

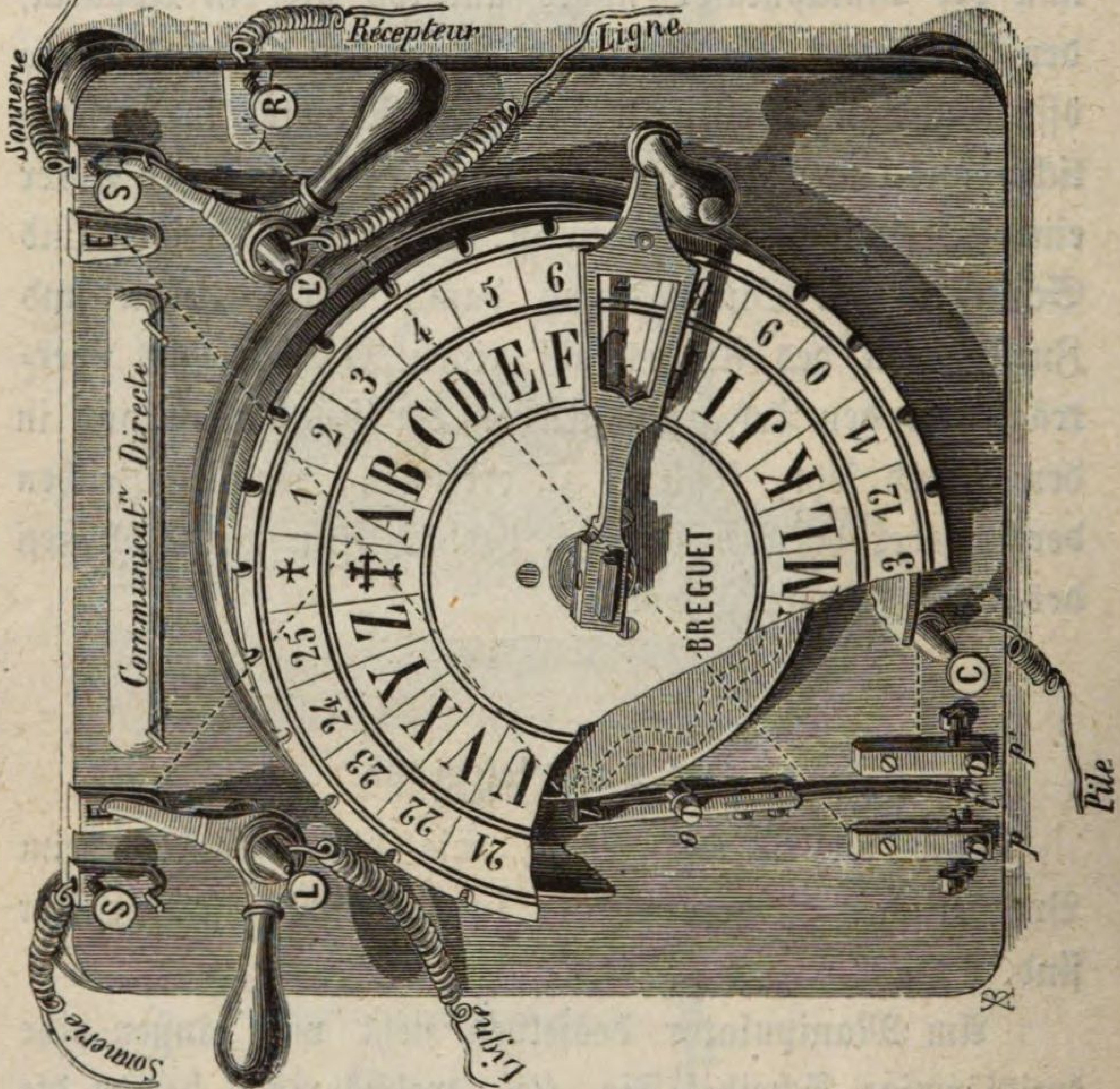


Fig. 40.

Dreht man nun mittelst der Curbel die Wellenscheibe, so bewegt sich das Ende l an den Wellen hin und her, während das Ende l' zwischen den beiden Metallstäbchen p und p' hin und hergeht. Die Axe der Wellenscheibe und die Klemme C sind in den Schließungskreis der Batterie eingeschaltet und man sieht also, wie durch das

Drehen der Curbel an der Zeichenscheibe einmal der Hebel ll' in seine hin- und hergehende Bewegung versetzt, damit aber auch der Strom abwechselnd geöffnet und geschlossen wird.

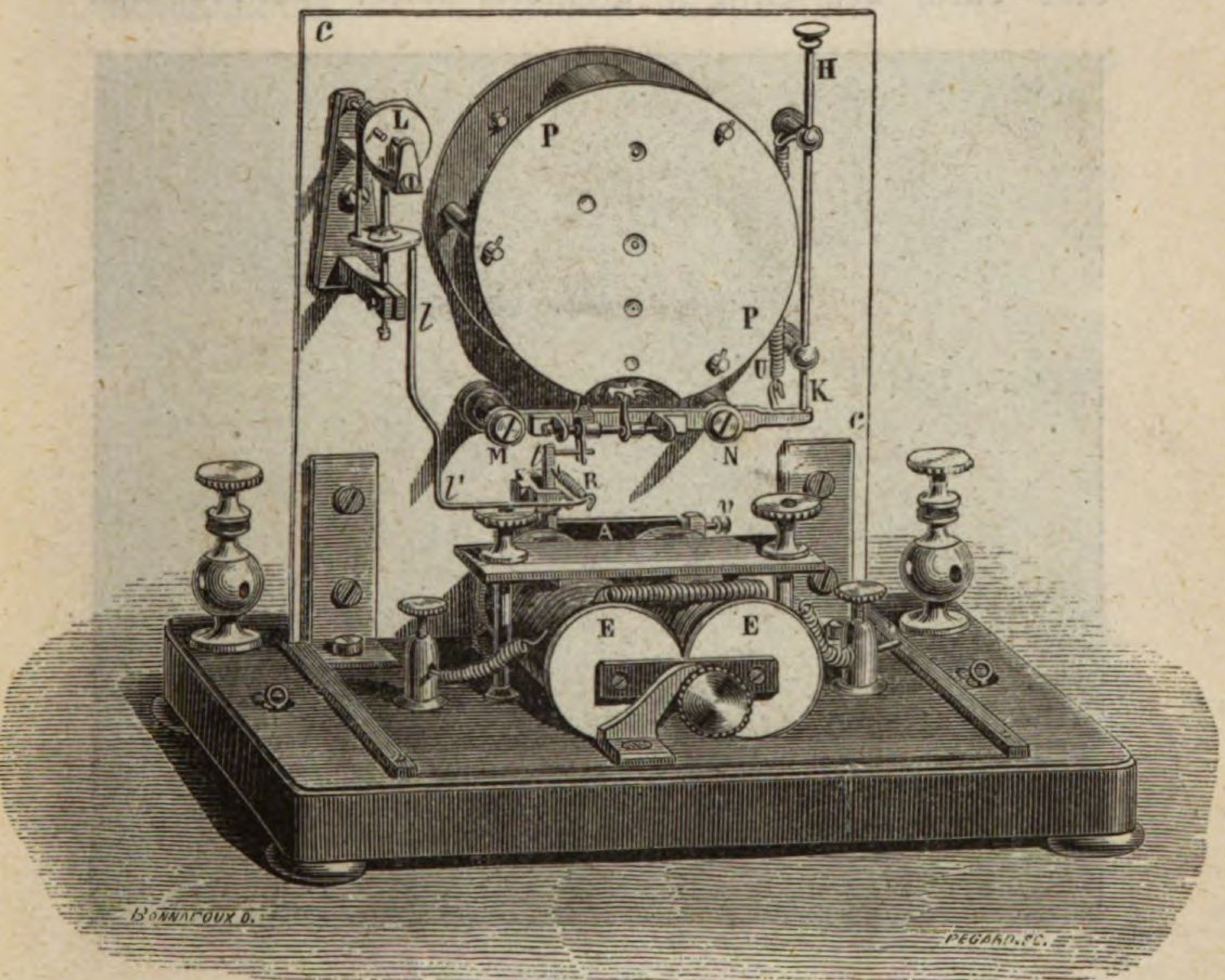


Fig. 41.

Dieses Oeffnen und Schließen muß — wie bereits erwähnt — auf den Receptor an der anderen Station in passender Weise übertragen werden. Es trägt deshalb dieser vor Allem einen Electromagneten E E (Fig. 41), dessen Draht wieder in den Schließungskreis der Batterie eingeschaltet wird, in dem sich auch der Manipulator befindet. Vor dem Electromagnet ist ein beweglicher Anker A,

der an der Seite einen Ansatz t trägt. Dieser Ansatz greift mittelst einer Uebersetzung in ein doppeltes Echappementrad ein, das durch ein Uhrwerk beständig das Bestreben hat, sich um seine Achse zu drehen und daran blos durch den Stift p gehindert wird. Würde man

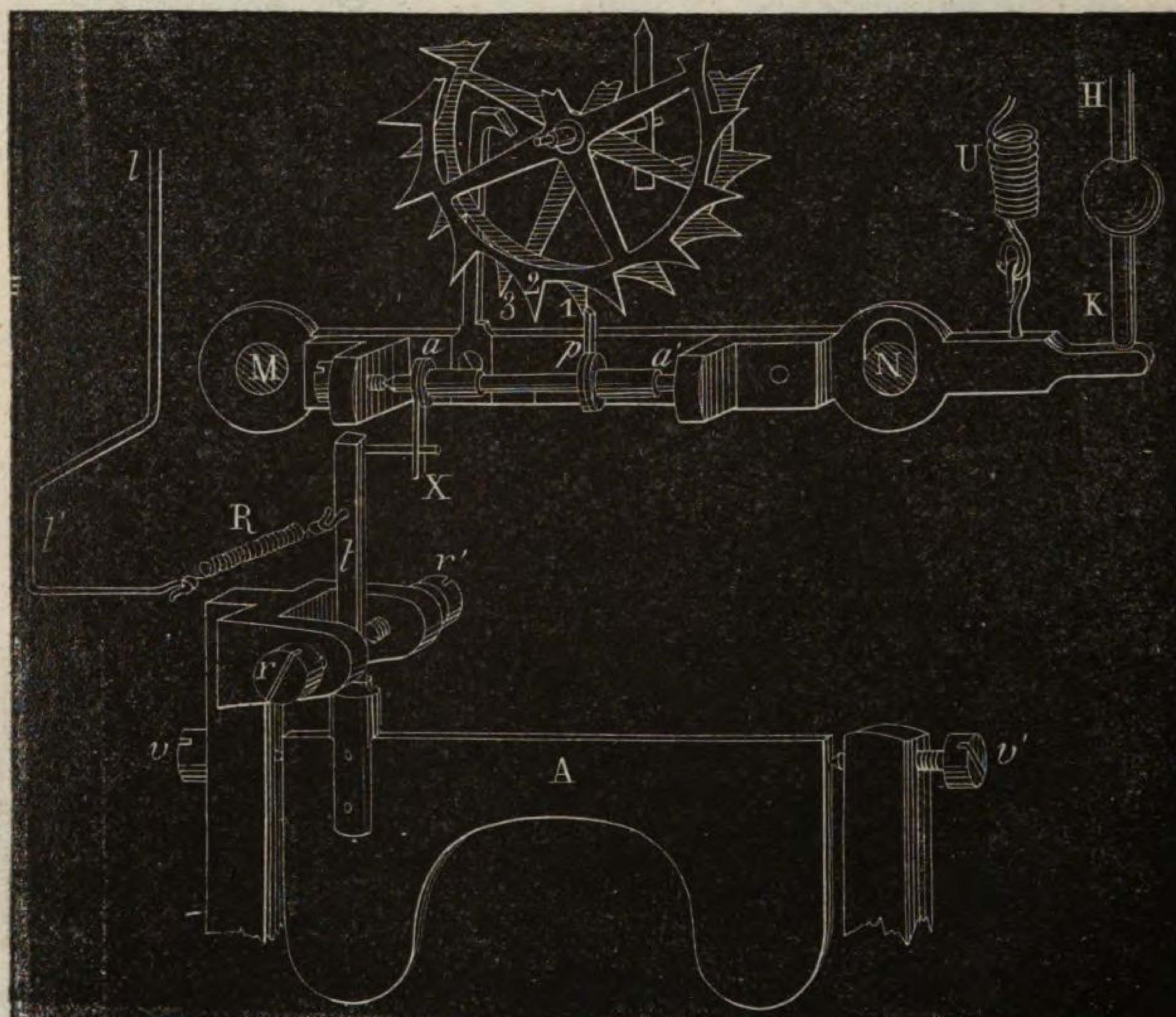


Fig. 42.

diesen Stift entfernen (Fig. 42), so würde sich das Echappementrad solange drehen, bis das Uhrwerk abgelaufen ist.

Allein eben der Stift p ist es, welcher das Echappementrad blos dann um einen Zahn weiter gehen läßt, wenn der Anker des Electromagneten angezogen wird oder wieder zurückgeht. Dieses abwechselnde Anziehen und Zurückgehen des Ankers wird aber durch das Schließen und Oeffnen des Stromes mittelst des Mani-

pulators bewirkt. Man sieht also, daß, wenn das Echappementrad eine der Anzahl der Zeichen am Manipulator entsprechende Zahl von Zähnen besitzt, es sich ganz in der gleichen Weise drehen wird wie die Curbel am Manipulator.

Um nun diese Drehung außerhalb des Apparatkastens ersichtlich zu machen, ist an der Vorderseite desselben (Fig. 43) eine Zeichenplatte angebracht, welche die nämlichen

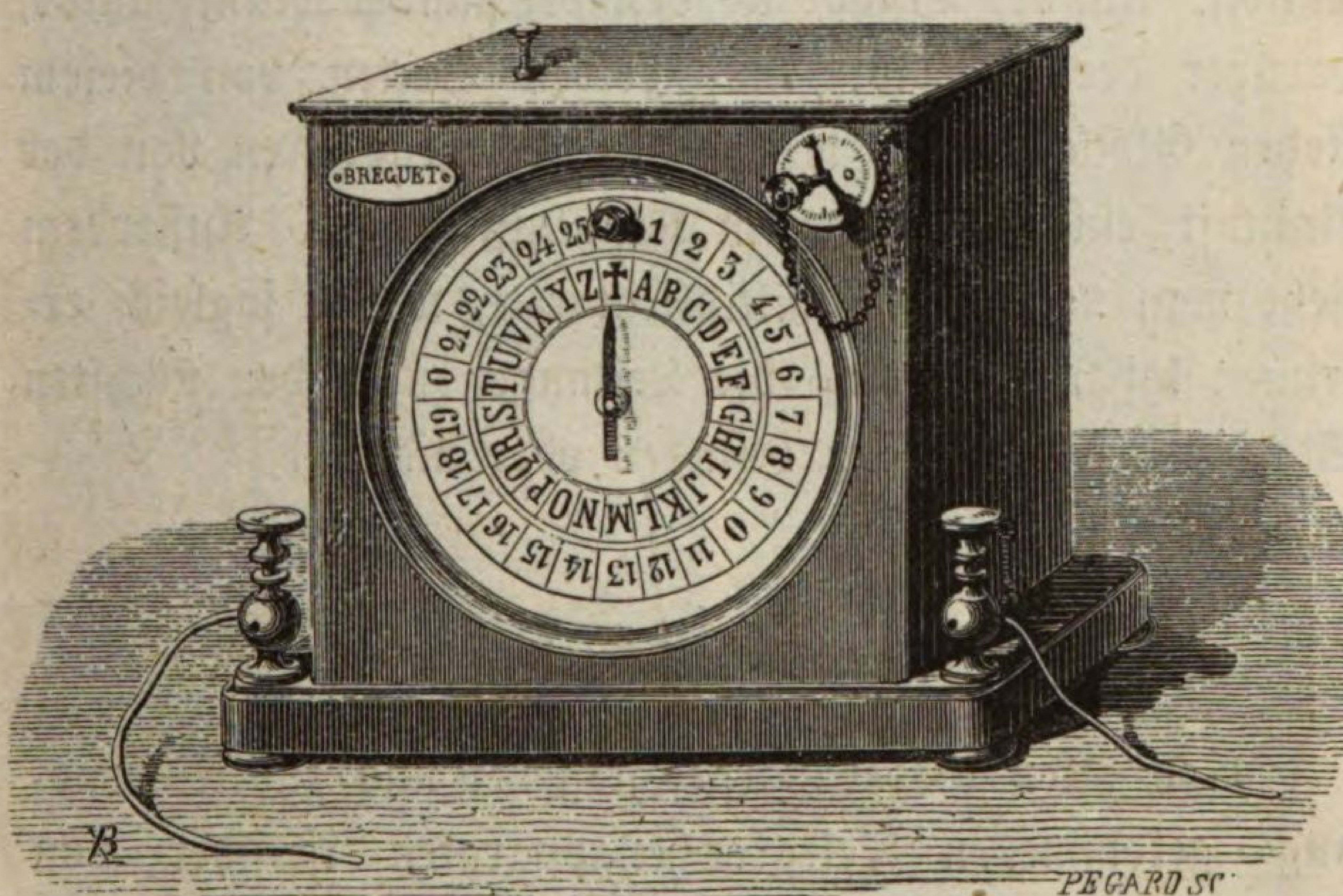


Fig. 43.

Zeichen wie der Manipulator trägt. In der Mitte dieser Platte tritt durch ein Loch die Axe des Echappementrades heraus und trägt einen Zeiger. Beginnen wir die Operation, wenn sowohl die Curbel am Manipulator als der Zeiger am Receptor auf demselben Zeichen — dem Kreuze — steht, so ist einleuchtend, daß der letztere, wenn man die Curbel des Manipulators im Sinne des Zeigers einer Uhr herumführt, in ganz derselben Weise

herumdrehen wird. Hält man mit der Curbel am Manipulator bei einem bestimmten Zeichen etwas inne, so wird auch der Zeiger am Receptor bei demselben Zeichen etwas stehen bleiben und man ist dadurch in den Stand gesetzt, das Zeichen zu erkennen, welches der Telegraphist an der Abgangsstation geben wollte.

Die folgende Fig. 44 zeigt eine mit den Breguet'schen Zeigerapparate vollständig eingerichtete Telegraphenstation. Auf der Tischplatte befindet sich der Manipulator, darüber der Receptor; auf beiden Seiten von diesem stehen Glockenwerke, welche den Telegraphisten von der Ankunft einer Depesche in Kenntniß setzen. Außerdem sieht man noch zwei Multiplicatoren, welche sogleich erkennen lassen, ob sich die Leitungen nach den nächsten Stationen in Ordnung befinden oder nicht.

Der Morse'sche Schreibapparat.

Von allen bisher vorgeschlagenen und zur Anwendung gekommenen Telegraphenapparaten ist der von Morse angegebene weitaus der einfachste und gewiß auch einer der besten; er zeichnet sich vor dem Zeigertelegraphen wesentlich dadurch aus, daß er die Depeschen am Receptor nicht blos vorübergehend angibt, sondern dadurch, daß dieselben auf einem Papierstreifen fixirt werden, auch gestattet, zu jeder Zeit die eingelaufenen Telegramme zu controlliren.

Morse hat sich durch seinen Apparat ein so großes Verdienst um die Telegraphie erworben, daß es unsere Leser wohl interessiren dürfte, wenn wir seine Biographie

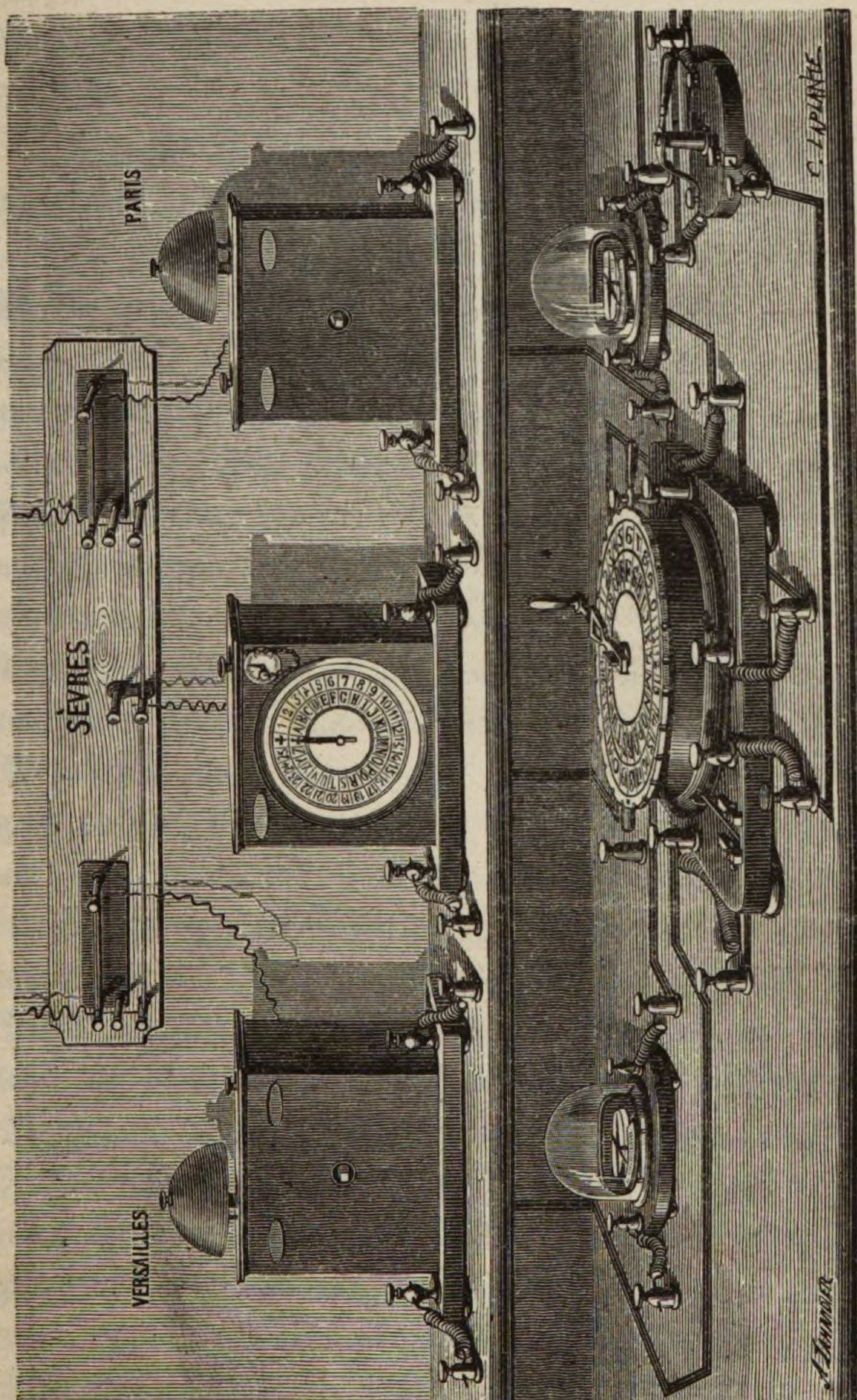


Fig. 44.

in Kürze hier beifügen; wir folgen dabei einem hochverdienten Schriftsteller über Telegraphie, Director Schellen in Cöln.

Samuel Finley Breese Morse wurde geboren zu Charlestown (Massachusets) den 29. April 1791. Da er von seiner frühesten Jugend an große Lust zum Malen gezeigt hatte, so schickte sein Vater ihn nach Europa, damit er sich in England in der Kunst, der er sein ganzes zukünftiges Leben widmen wollte, vervollkommnen sollte. Im Jahre 1813 war eines seiner größeren Bilder „Dying Hercules“ in der Königlichen Academie ausgestellt und ließ sehr vieles von dem jungen Künstler erwarten. Er erhielt als Preis öffentlich eine goldene Denkmünze und eine lobende Anerkennung des Vorsitzenden der Gesellschaft. Außerdem aber beschäftigte er sich mit Modelliren und Sculpturarbeiten. Im Jahre 1815 ging er nach America zurück voll der schönsten Hoffnungen auf eine glänzende Zukunft. Allein er hatte sich getäuscht und gerieth in kurzer Zeit in so große Verlegenheit, daß er sich dazu hergeben mußte, fast um jeden Preis Porträts anzufertigen. Unter abwechselndem Glücke lebte er dann bald in Boston, bald in verschiedenen Städten in New-Hampshire, bald im Süden, bald im Norden von Nordamerica, meist mit Porträts und historischen Bildern beschäftigt. Im Jahr 1825 gründete er zu New-York eine Malergesellschaft, die den Keim bildete zu der „National Academy of Design“, deren Präsident er mehrere Jahre nach ihrer Gründung blieb und in deren Auftrag er 1829 wieder nach Europa ging, um sich mit der Einrichtung der hervorragendsten Maler-

und Zeichenschulen, sowie mit den Künstlern und Kunstwerken Englands, Italiens und Frankreichs näher bekannt zu machen.

Morse, der schon in Amerika an den öffentlichen Vorlesungen über Electricität und Galvanismus regen Antheil genommen hatte, fand sich auf dieser Reise durch die Bekanntschaft, die er mit Daguerre anknüpfte, und die neuen Entdeckungen, die um diese Zeit auf dem Gebiete des Electromagnetismus gemacht wurden, mächtig angeregt.

Die Idee des electrischen Telegraphen nahm dabei vorzugsweise sein Denken in Anspruch und beschäftigte ihn fast ununterbrochen auf der Rückreise von Europa nach America. Bevor er in den Vereinigten Staaten landete, hatte er in seinem Skizzenbuche den Plan und die Zeichnungen zu einem Drucktelegraphen entworfen und ein System von Zeichen gebildet, das aus Combinationen von Puncten und Lücken bestand. Nach seiner Ankunft in New-York machte sich Morse daran, seine Ideen zur Ausführung zu bringen; er kam dabei sehr bald zu Combinationen, die einen günstigen Erfolg in Aussicht stellten, und schon 1835 wurde der neue Telegraph von Morse seinen Freunden vorgezeigt, im darauffolgenden Jahre aber in der City von New-York öffentlich ausgestellt. Aller Anstrengungen ungeachtet gelang es Morse doch erst im Jahre 1843, eine Unterstützung der Regierung von 30000 Dollars zu erhalten, um eine Versuchslinie zwischen Washington und Baltimore zu errichten; am 27. Mai 1844 wurde die erste telegraphische Depesche mit dem Morse'schen Apparate auf dieser Linie befördert.

Wie sehr der neue Telegraph Morse's von den späteren Einrichtungen, die er seinen Apparaten gab, verschieden war, ersieht man daraus, daß der Electromagnet an demselben 158 Pfund wog und zwei Menschen erforderlich waren, um ihn mit seinem Gerüste von der Stelle zu bewegen. Die Drahtspulen des Electromagnets waren 3½ Zoll lang und hatten 18 Zoll im Durchmesser; der eiserne Kern dagegen hatte noch nicht 1 Zoll Durchmesser.

Dieser Riesenapparat wurde nur kurze Zeit beibehalten und bald durch einen anderen von kleineren Dimensionen nach Angabe des Professor Page ersetzt.

Dieser letztere blieb im Gebrauche, bis derjenige in Anwendung kam, den Morse auf einer dritten Reise durch Europa 1843 in Frankreich gekauft hatte und nach dessen Modell die jetzt in Betrieb befindlichen Electromagneten construirt sind.

Gegenwärtig ist der Morse'sche Telegraph, nachdem er in Europa auf den höchsten Grad der Vollkommenheit gebracht ist, unter allen telegraphischen Apparaten am meisten in Anwendung. Er ist in allen Ländern im Gebrauche und er erweist sich bis jetzt für die Correspondenzen des Staates und den allgemeinen Verkehr der Nationen überhaupt unter allen anderen telegraphischen Vorrichtungen am meisten practisch. Morse selbst verlebt den Rest seiner Tage in der Nähe von Poughkeepsie zu New-York, geehrt und belohnt von allen Nationen, bei denen sein Name stets im Andenken bleiben wird.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Apparates selbst über.

Der Receptor (Fig. 45) besteht aus einem vertical stehenden Electromagnet, über welchem sich ein eiserner Anker befindet, der am Ende eines langen, zweiarmigen Hebels angebracht ist. Am Ende des anderen Hebelarmes befindet sich eine nach aufwärts gerichtete Spitze. Wird der Strom durch den Draht des Electromagneten geleitet, so zieht dieser, da er nun magnetisch ist, den Anker an und zwar nach abwärts, während gleichzeitig

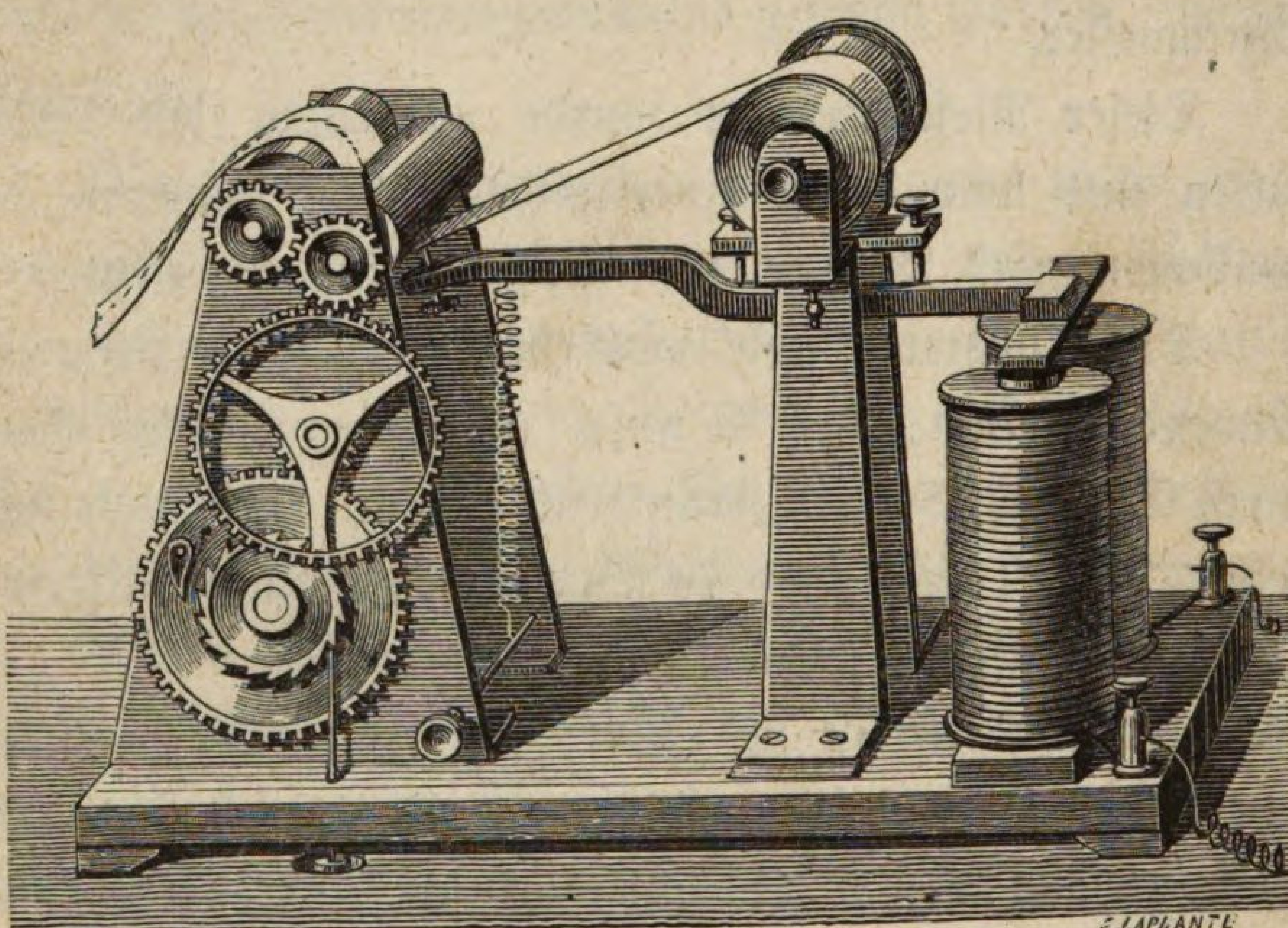


Fig. 45.

die Spitze am anderen Hebelarme in die Höhe geht. Hört der Strom auf, im Electromagnetdraht zu circuliren, so verschwindet der Magnetismus; der Hebelarm, der die Spitze trägt, wird durch eine Feder nach abwärts gezogen und gleichzeitig damit geht der Anker des Electromagneten in die Höhe.

Ueber der Spitze am linken Hebelarme (in unserer Fig. 45) befindet sich nun ein schmaler Papierstreifen,

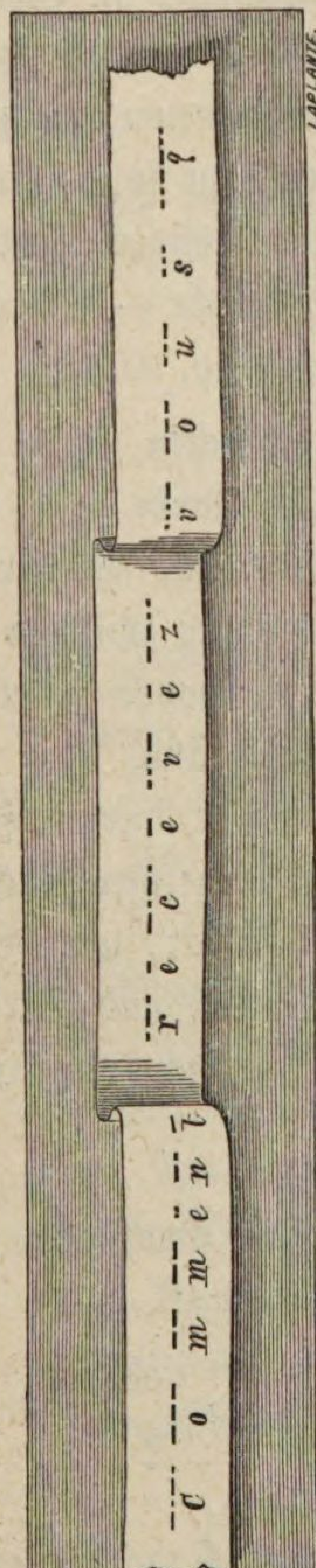


Fig. 46.

welcher durch ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor der Spitze vorbeigezogen wird. Ist dabei die Spitze durch den Magnetismus im Electromagnet gehoben, so macht sie einen Eindruck in das Papier; verschwindet der Strom im Electromagneten, so geht die Spitze vom Papier zurück und man sieht so, wie man im Stande ist, durch mehr oder weniger langes Schließen des Stromes längere und kürzere Eindrücke — Striche und Puncte — im Papier zu erzeugen (Fig. 46).

Ist anstatt der einfachen Spitze ein Bleistift oder eine Vorrichtung, welche Farbe gibt, angebracht, so erhält man farbige Striche und Puncte auf dem Papier, und man unterscheidet deshalb zwischen Stiftschreibern und Farbschreibern, wovon jedoch gegenwärtig blos die letzteren im Gebrauche sind.

Es handelt sich nur noch darum, sich über die Zeichen zu einigen, welche den einzelnen Buchstaben entsprechen sollen und Morse selbst hat, wie bereits erwähnt, aus Combinationen von Puncten und Strichen ein Alphabet zusammengestellt, das gegenwärtig in folgender Weise angewandt wird.

a. Die Buchstaben:

·—	—···	—·—·	————	—··	·	··—·
a	b	c	ch	d	e	f

——·	····	··	·———	—·—	·—··	——
g	h	i	j	k	l	m

—·	———	·——·	——·—	·—·	···	—
n	o	p	q	r	s	t

· · —	· · · —	· — —	— · · —	— · — —	— — · ·
u	v	w	x	y	z

· — · —	— — — ·	· · — —
ä	ö	ü

b. Die Ziffern:

1	· — — — —	6	— · · · ·
2	· · — — —	7	— — · · ·
3	· · · — —	8	— — — · ·
4	· · · · —	9	— — — — ·
5	· · · · ·	10	— — — — —

c. Die Interpunctionen:

.	· · · · · ·	Punct,
;	— · — · — ·	Semikolon,
,	· — · — · —	Komma,
:	— — — · · ·	Kolon,
?	· · — — · ·	Fragezeichen,
!	— — · · — —	Ausrufungszeichen,
-	— · · · · —	Bindestrich,
'	· — — — — ·	Apostroph,
/	— — — — — — —	Bruchstrich,
()	— · — — · —	Klammer,
	· — · — · ·	alinea,
é	· · — · ·	französisches é.

Weit einfacher als der Receptor am Morse'schen Apparate ist der Manipulator, der hier gewöhnlich den Namen „Taster" oder „Schlüssel" führt; die letztere Bezeichnung

deshalb, weil er eben dazu dient, den Strom in Electromagneten des Receptors nach Belieben schließen und öffnen zu können.

Der Morse'sche Schlüssel in seiner gebräuchlichsten Einrichtung (Fig. 47) ist ein zweiarmiger Metallhebel, der um eine Axe, die wieder in einem Metalllager ruht, drehbar ist. Beide Hebelarme tragen Metallansätze, unter denen auf dem Bodenbrette entsprechend leitende Metallplättchen — die sogenannten Contacte — angebracht sind.

Am einen Ende trägt der Hebel einen isolirenden Knopf und der zugehörige Hebelarm erhält durch eine Feder beständig das Bestreben, den vorderen Contact offen, den hinteren Contact geschlossen zu halten.

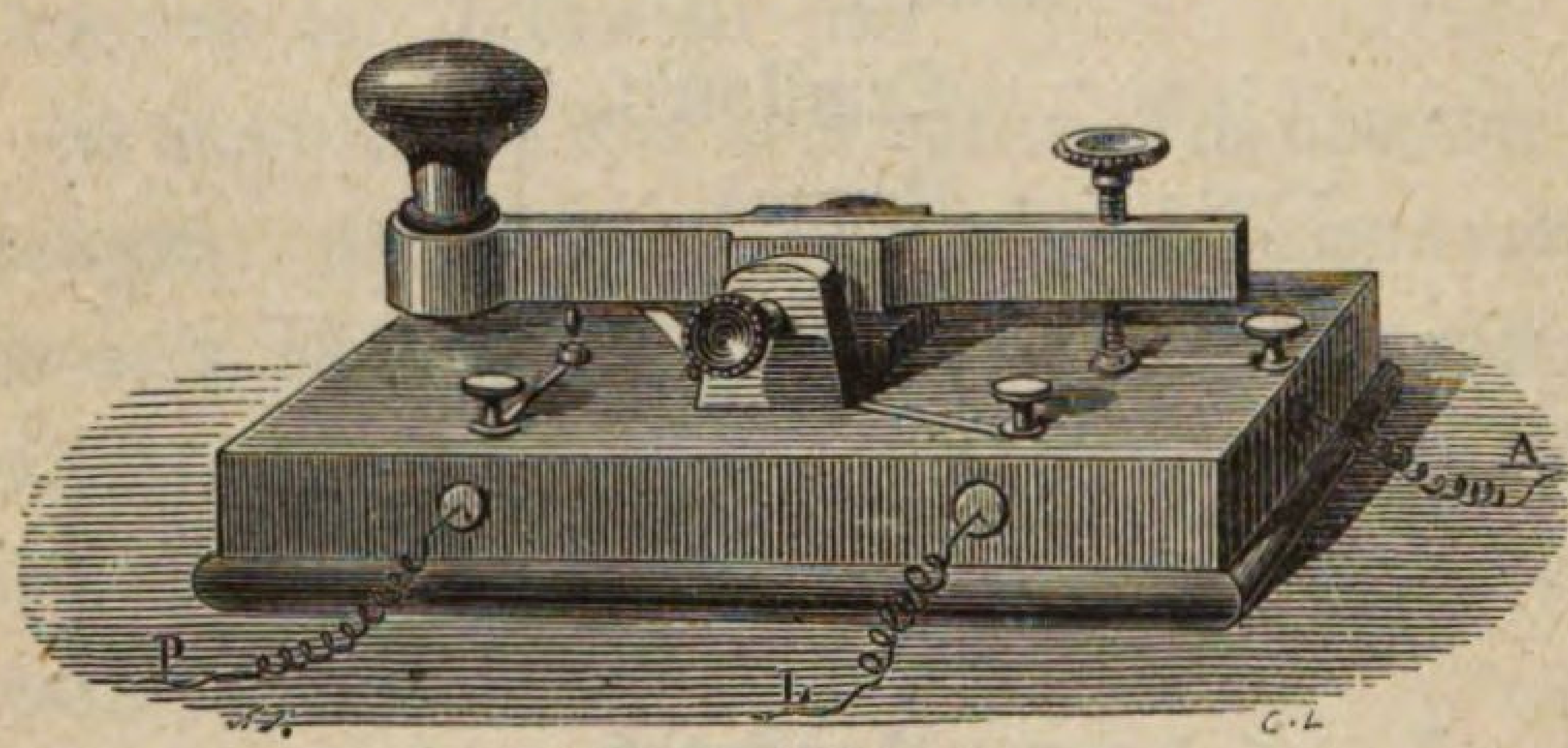


Fig. 47.

Mit dem vorderen Contacte steht die Batterie, mit dem Axenlager der Liniendraht in Verbindung. Wird nun der isolirende Knopf niedergedrückt, so wird der vordere Contact geschlossen; der Batteriestrom kann zur nächsten Station gelangen und den Electromagnet und damit den Schreibstift des Morse-Receptors in Thätigkeit versetzen.

Der hintere Contact steht mit dem Schreibapparate der Station, an welcher sich der Schlüssel befindet, in Verbindung und hat den Zweck, den Strom, der von der nächsten Station kommt, ungehindert durch den Schlüssel zum Schreibapparat gelangen zu lassen.

Da das gewandte Manipuliren des Schlüssels immer große Uebung voraussetzt, so hat schon Morse eine eigene Vorrichtung — die Schreibplatte — erfunden, auf welcher die Striche und Puncte der einzelnen Buchstaben des Alphabetes durch gute und schlechte Leiter (Metall- und Elfenbein-Stückchen) dargestellt sind. Die Metallstückchen der Platte und ebenso ein metallener Griffel sind in die Stromleitung eingeschaltet; fährt man nun mit dem Griffel über einen beliebigen Buchstaben weg, so wird derselbe ebenso wie durch den Taster auf den Papierstreifen am Receptor übertragen.

Daß übrigens das Einüben mit dem Morse'schen Schlüssel keine unübersteigliche Hindernisse bietet, beweist der Umstand, daß in Deutschland nirgends die Schreibplatte zur Anwendung kommt. Alle unsere Telegraphenbeamten operiren mit dem Taster und die Meisten derselben erlangen damit eine so große Uebung, daß sie aus den bloßen Schlägen des Schreibhebels des Receptors gegen die Arretirung die Depesche gleichsam abhören; sie haben gar nicht mehr nöthig nach dem Papierstreifen zu sehen.

In Amerika hat man sogar einen eigenen Apparat, den Klopfer, hergestellt, bei welchem die Depeschen blos abgehört werden. Derselbe besteht aus einem Electromagnet, dessen Anker, wie beim Schreibapparat, am

Ende eines zweiarmigen Hebels angebracht ist; das Ende des anderen Hebelarmes schlägt gegen einen kleinen Amboß (wie der Schreibstift gegen den Papierstreifen), so daß die Schläge einen scharfen Schall erzeugen. Auch in Frankreich hat man solche Klopfer angewendet und sie parleurs, Sprecher, genannt.

Das Relais.

Der Schreibstift am Morse'schen Receptor muß mit einer ziemlich bedeutenden Kraft in die Höhe geschnellt werden, wenn die Eindrücke mit hinreichender Schärfe auf dem Papierstreifen erscheinen sollen.

Nun wird aber bei den langen Linien der Strom bedeutend geschwächt und es geht besonders auch an den Tragstangen ein ziemlich beträchtlicher Theil der Stromkraft verloren, so daß selbst eine sehr große Batterie nicht mehr ausreicht, den Eisenkern des Electromagneten hinreichend stark magnetisch zu machen, daß er im Stande wäre, seinen Anker mit der nöthigen Kraft anzuziehen und gleichzeitig den Schreibstift emporzuschnellen.

In einem solchen Falle wendet man mit Vortheil das Uebertragungsprincip an, welches darin besteht, daß die Linienbatterie, in welche der Manipulator eingeschaltet ist und deren Strom durch die Drahtleitung nach der entfernteren Station geht, nicht dazu verwendet wird, den Receptor direct in Thätigkeit zu versetzen, sondern vielmehr nur dazu dient, um durch eine kleine und leicht d. h. durch schwache Stromeskraft zu erzeugende Bewegung eine zweite Batterie — die sogenannte Orts- oder Localbatterie — zu schließen und zu öffnen.

Da nun in den Schließungskreis der Localbatterie der Receptor eingeschaltet wird, so ist klar, daß dieser ebenso in Thätigkeit versetzt wird wie wenn der Linienstrom direct auf ihn einwirken würde.

In der folgenden Fig. 48 sei der links befindliche Electromagnet in die Linienleitung eingeschaltet, der rechts stehende Electromagnet sei der des Receptors und sei in den Schließungskreis der in der Fig. 48 sichtbaren Localbatterie eingeschaltet. Dieser Schließungskreis ist aber für gewöhnlich offen und wird nur dann geschlossen,

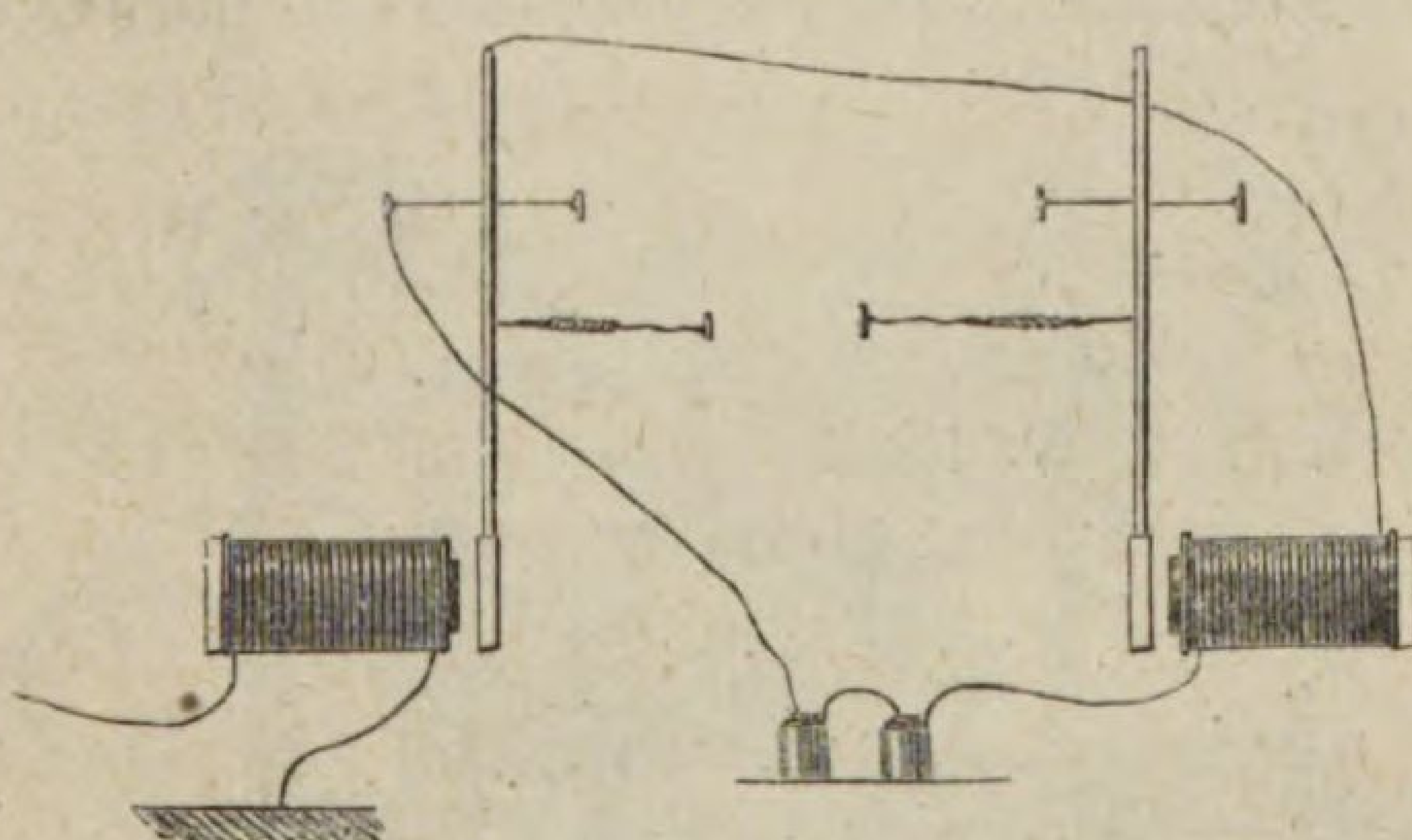


Fig. 48.

sobald der linke Uebertragungs-Electromagnet seinem Anker eine wenn auch ganz geringe Bewegung ertheilt. Hört der Strom auf im Uebertragungs-Electromagneten zu circuliren, so zieht eine Feder seinen Anker wieder zurück und öffnet damit gleichzeitig den Schließungskreis der Localbatterie. Der Electromagnet am Receptor wird also gerade solange magnetisch als der Uebertragungs-Electromagnet; allein er wird stärker magnetisch als dieser, weil der Strom der Localbatterie, wiewohl dieselbe kleiner als die Linienbatterie ist, nicht durch äußere

Widerstände 2c. geschwächt wird. Der Schreibstift kann also die Eindrücke auf dem Papierstreifen mit der nöthigen Schärfe markiren.

Eine solche Uebertragungsvorrichtung nennt man in der Telegraphie gewöhnlich ein Relais; Fig. 49 zeigt die Einrichtung, welche der französische Constructeur Froment dem Apparate gegeben hat.

Der Liniendraht L geht durch den Electromagneten, dessen Anker am Ende eines zweiarmigen Hebels sich befindet, der ungemein leicht beweglich eingerichtet ist. Das andere Ende des Hebels steht zwischen zwei Schrauben

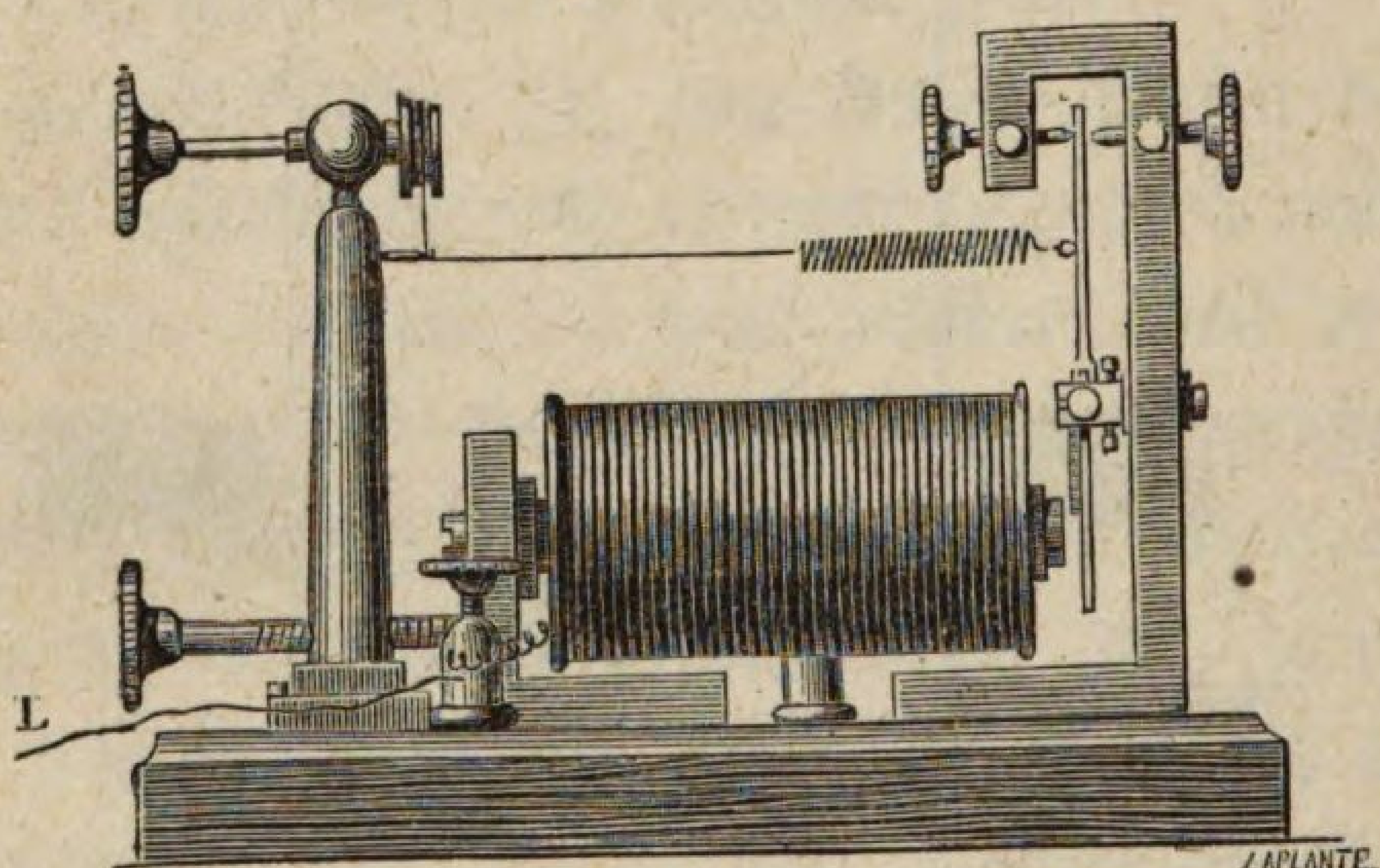


Fig. 49.

und wird, wenn kein Strom durch den Electromagneten geht, von der in der Figur sichtbaren Spiralfeder an die linke Schraube, die an ihrem Ende ein isolirendes Elfenbeinknöpfchen trägt, angedrückt. Geht aber der Liuienstrom durch den Elektromagneten, so wird sein Anker angezogen und gleichzeitig das andere Ende des Hebels an die rechte ganz aus Metall bestehende Schraube hinübergezogen. Nun bilden sowohl der Hebelarm als die rechte Schraube die beiden Enden des Schließungskreises

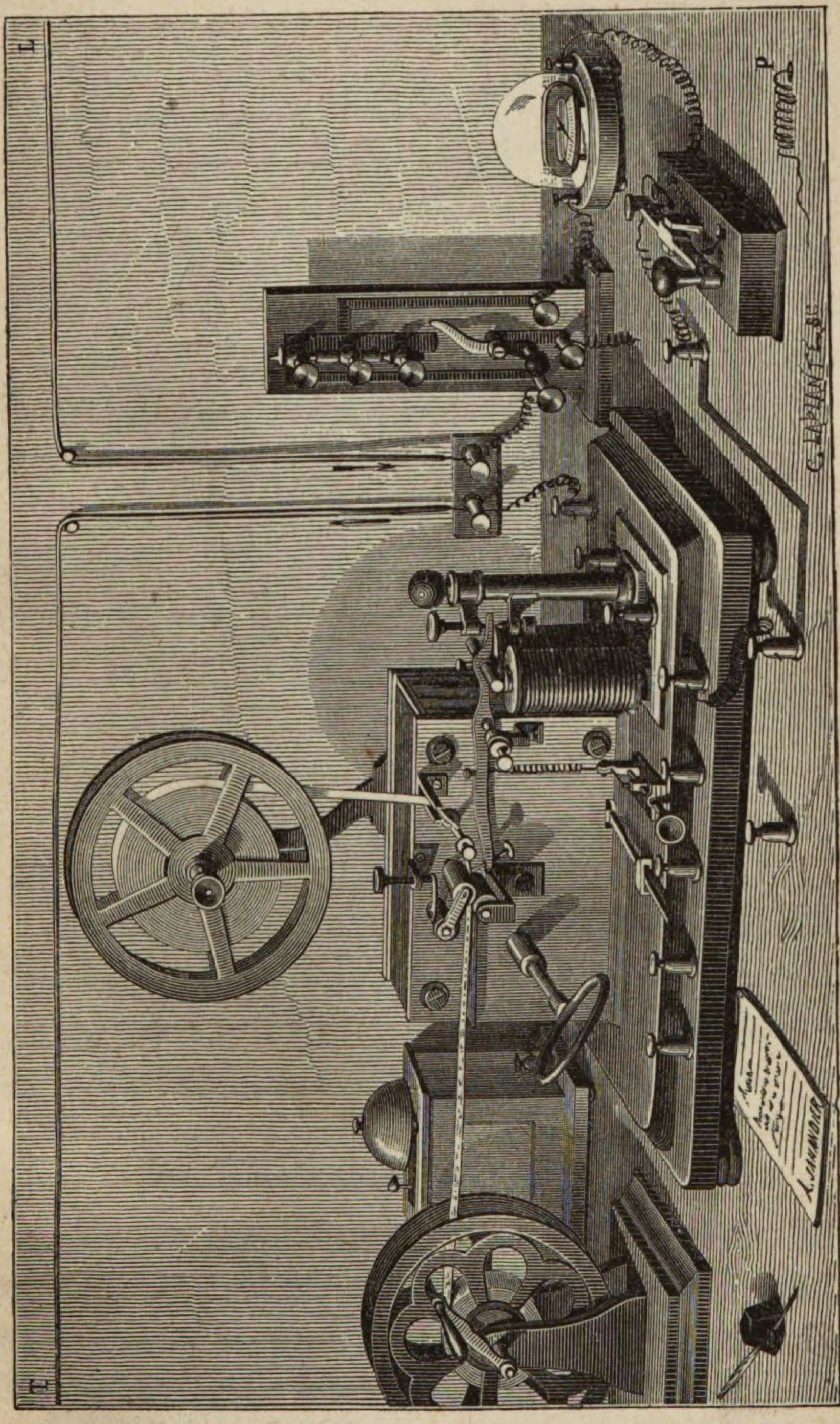


Fig. 50.

der Localbatterie und diese wird also auf solche Weise geschlossen. Hört der Strom auf im Electromagneten des Relais's zu circuliren, so wird sein Eisenkern unmagnetisch, die Spiralfeder zieht den Hebel an die linke, isolirende Schraube und der Strom der Localbatterie ist geöffnet.

Man hat dem Relais übrigens die verschiedenartigsten Einrichtungen gegeben, die alle hier zu beschreiben uns zu weit führen würde. Es ist nur noch zu bemerken, daß man auch den Morse'schen Schreibapparat selbst so empfindlich eingerichtet hat, daß gegenwärtig in den meisten Fällen die Anwendung eines Relais ganz überflüssig wird. Man gibt nämlich in diesem Falle dem Electromagneten am Schreibapparate selbst eine sehr große Anzahl von Umwindungen eines ganz feinen Drahtes z. B. 8500 Windungen eines nur $^2/_{10}$ Millimeter dicken Drahtes. Daß dabei aber außerdem auch der Schreibhebel ungemein leicht beweglich eingerichtet sein muß, bedarf wohl nach dem Gesagten kaum der Erwähnung.

Zum Schlusse unserer Betrachtungen über den Morse'schen Apparat wollen wir durch die folgende Fig. 50 noch eine mit diesem Apparate vollständig ausgerüstete Telegraphenstation unsern Lesern vor Augen führen.

Der Typendrucktelegraph von Hughes.

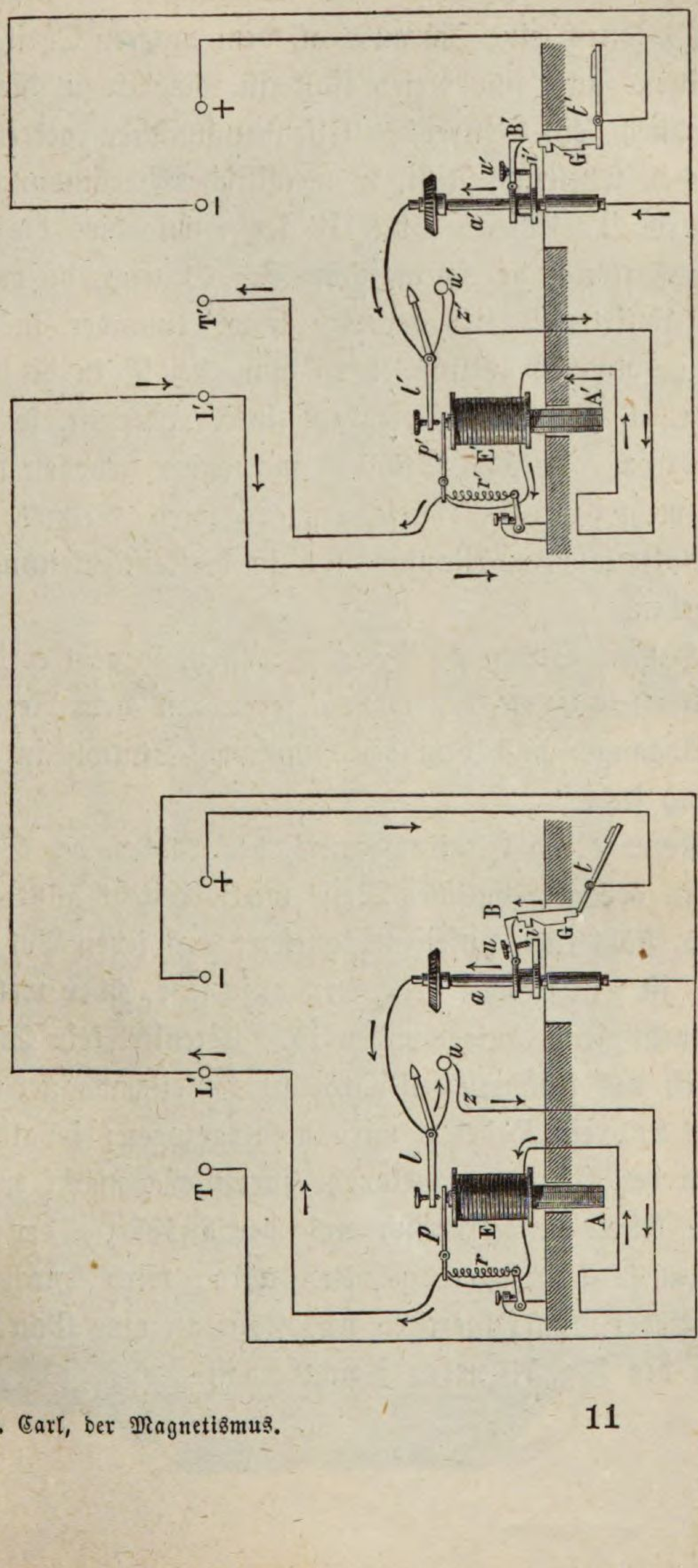
In den letzten Jahren wurde in England, Frankreich und Deutschland auf den großen Linien der Typendrucktelegraph eingeführt, welchen der Amerikaner David Edward Hughes erfunden hatte. Dieser überaus sinnreiche Apparat arbeitet sehr rasch, er liefert alle De-

peschen, in gewöhnlichen Lettern gedruckt, zugleich an der Abgangs- und der Empfangs-Station, wodurch die Controlle wesentlich erleichtert wird, seine Manipulation ist ungemein einfach. Der Mechanismus des Apparates ist freilich sehr complicirt, wir wollen aber doch versuchen, davon eine allgemeine Vorstellung zu geben.

Ist der Telegraph im Gange, so steht die Batterie, deren beide Pole sich an den mit + und — bezeichneten Stellen in der schematischen Fig. 51 befinden, einerseits mit der Erde, anderseits mit einem Knopfe t in Verbindung. Eine Claviatur, die aus den 26 Buchstaben des Alphabetes (oder darüber aus verschiedenen Zeichen) und zwei weißen Feldern zusammengesetzt ist, bildet den Manipulator.

Will der Telegraphist einen Buchstaben absenden, so drückt er die betreffende Taste nieder. Diese trifft aber auf t und hebt nun einen Zapfen, welcher in der Figur an der Seite der Abgangsstation mit G bezeichnet ist. Der galvanische Strom geht dann in der Richtung der Pfeile durch alle Biegungen des Drahtes bis zur Linienleitung L′, welche zur Empfangsstation führt.

Auf diesem Wege gelangt der Strom zuerst in die verticale Axe a des Manipulators, die durch ein starkes Uhrwerk in sehr rasche Rotation versetzt wird. Dreht sich so die Axe a, so führt sie einen Schlitten mit, der über 28 Löchern in einer festen Scheibe D weggeht, wie dies aus Fig. 52, welche den ganzen Apparat darstellt, ersichtlich ist. Jedem Zeichen entspricht ein Loch und der Zapfen, welchen die Taste hebt, stößt bei der Umdrehung das Stück B am Schlitten in die Höhe.



Empfangs=Station.

Fig. 51.

Abgangs=Station.

Ist der Telegraph nicht im Gange, so liegt das Stück B durch eine Schraube an dem unteren Theile des Schlittens auf; für diesen Fall ist die Axe a, die aus zwei durch ein isolirendes Elfenbeinstückchen getrennten leitenden Theilen besteht, in metallischer Verbindung mit der Erde T. Dieses Stück B′ setzt, wie dies die Empfangsstation in der schematischen Fig. 51 zeigt, die beiden, sonst isolirten Theile der Axe unter einander in Verbindung und der Strom kann nun bei T in die Erde übergehen. Wird der Telegraph in Gang gesetzt, so kann der Strom, da das Stück B momentan gehoben wird, nicht mehr zur Erde gelangen, er wird vielmehr aus der Batterie beim Manipulator in die Linienleitung L′ übergehen.

Hat der Strom die Axe a verlassen, so geht er durch die Electromagnete E, wovon jeder mit dem Receptor der Abgangs- und dem der Empfangs-Station in Verbindung steht.

Jeder dieser Electromagnete, bei welchen der Strom nicht in der gewöhnlichen Weise wirkt, besteht aus einem starken, stählernen Hufeisenmagneten; auf jeden Pol desselben ist ein weicher Eisenkern aufgesetzt, über welchem die Drahtspirale aufgewunden ist. Circulirt kein Strom, so wird das weiche Eisen durch den Hufeisenmagnet magnetisirt und ein Hebel p wird niedergezogen; sobald der Strom den Electromagnetdraht durchfließt, macht er das weiche Eisen unmagnetisch und der Hebel p, der nun nicht mehr angezogen gehalten wird, wird durch eine Abreißfeder r zurückgezogen und stößt an eine Schraube, die in der Fig. 51 neben l sichtbar ist.

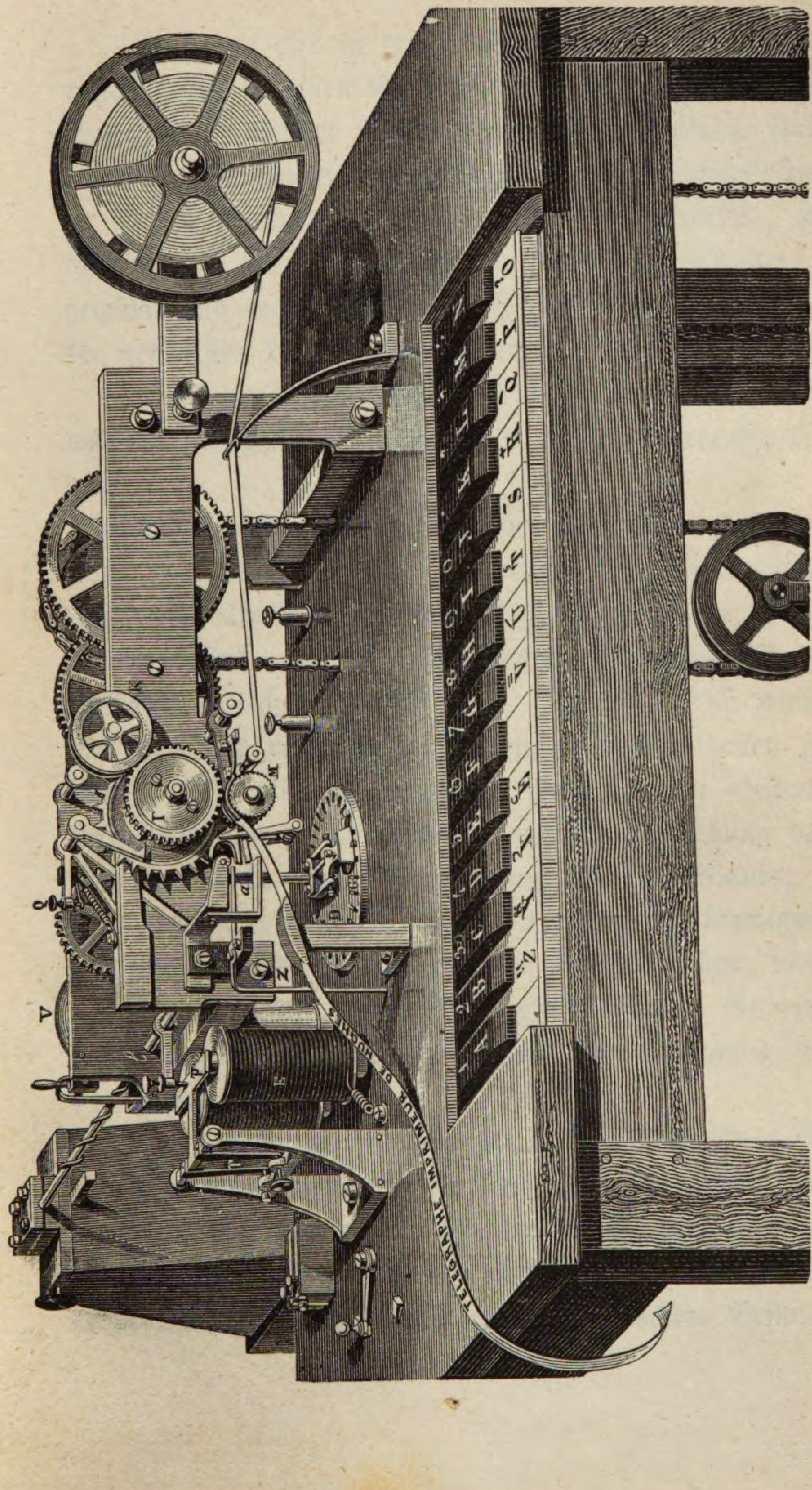


Fig. 52.

Während also in den meisten Fällen der Strom das weiche Eisen in einem Electromagnet magnetisirt und ein Anziehen des Ankers bewirkt, wird im vorliegenden Falle das Eisen unmagnetisch gemacht und der Anker abgestoßen; es ist dabei eine weit geringere Kraft erforderlich, um diese letztere Arbeit auszuführen, da die Abreißfeder so gewählt und regulirt ist, daß sie den Magnetismus bei der geringsten Abschwächung überwindet.

Das Zurückgehen des Hebels p bestimmt die Bewegung des Hebels l, der direct auf den Receptor einwirkt.

Der Receptor am Hughes'schen Apparate besteht aus zwei Haupttheilen; der eine heißt die Typenradaxe, weil diese Axe das Buchstabenrad trägt, während der andere Theil als die Daumenaxe oder auch als die Druckaxe bezeichnet werden kann. Letztere Axe ist wieder aus zwei von einander unabhängigen Bestandtheilen gebildet. Der eine in der Figur nicht sichtbare Bestandtheil wird von einem Uhrwerke in rasche Umdrehung versetzt und macht etwa 700 Umgänge in der Minute; er trägt den Windflügel V (Fig. 52), der die Bewegung regulirt und jede Verzögerung der Axe verhindert, wenn sich irgend welche Widerstände zeigen sollten. Andererseits regulirt ein conisches Pendel die Bewegung des Uhrwerkes.

Der zweite, in der Fig. 53 im Detail sichtbare Bestandtheil der Daumenaxe ist vom ersten unabhängig und bleibt solange unbeweglich als der Strom nicht circulirt.

Sobald aber durch den Ankerhebel p der Hebel l gehoben wird, nimmt ein Sperrhacken die beiden Bestand-

theile der Axe zugleich mit und sie machen zusammen eine vollständige Umdrehung. Der Windflügel verhindert, daß dieser plötzliche Widerstand eine Verzögerung in der Bewegung der Axe herbeiführt. Ist eine ganze Umdrehung zurückgelegt, so hört der Sperrkegel auf einzugreifen und der zweite Theil der Axe wird wieder unbeweglich. Dieser zweite Bestandtheil trägt vier sogenannte Daumen, wovon jeder eine besondere Function hat.

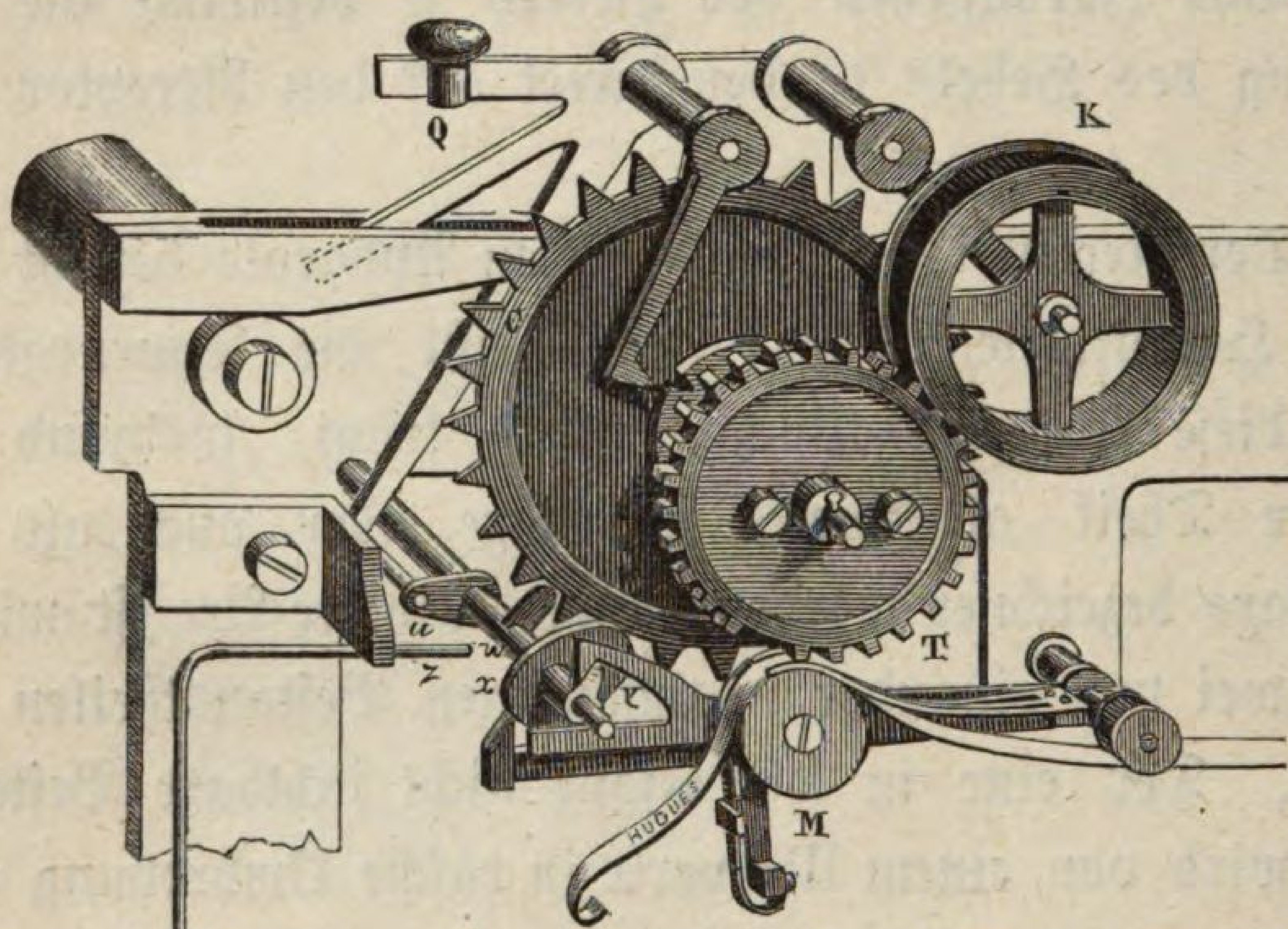


Fig. 53.

Die Typenradaxe besteht gleichfalls aus zwei Theilen, deren einer sich continuirlich mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Axe a des Manipulators dreht. Der andere Theil kommt in Rotation, sobald der Telegraph in Gang gesetzt wird und der Strom circulirt. Zu diesem Behufe stellt einer der vier genannten Daumen und zwar der letzte, mit n bezeichnete die Verbindung zwischen den beiden Theilen der Typenradaxe her und diese Verbindung bleibt dann solange bis die Depesche

vollendet ist. Um die beiden Theile der Typenradaxe wieder von einander unabhängig zu machen, wie sie es sein müssen, wenn kein Strom durch den Apparat geht, drückt der Telegraphist auf den Knopf Q und bewirkt damit die Auslösung.

Sobald der Telegraph in Function tritt, dreht sich, wie gesagt, die Typenradaxe von selbst mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Axe des Manipulators. An der Typenradaxe sind aber zwei Räder befestigt: das eine C, das sogenannte Correctionsrad, trägt 28 Zähne und hat den Zweck beständig die Uebereinstimmung zwischen dem Receptor und dem Manipulator zu erhalten, wenn in Folge von Störungen die beiden Apparate nicht mehr genau übereinstimmen sollten. Der zweite Daumen u legt sich dann in die Zähne des Rades C und schiebt dasselbe vor- oder rückwärts, bis diese Uebereinstimmung wieder hergestellt ist.

Der Daumen u hat aber noch eine andere Function: wenn die Daumenaxe sich nicht dreht, so legt er sich an die Feder z, welche die Verbindung des Manipulators mit der Linienleitung vermittelt.

Vor dem Correctionsrade dreht sich mit ihm gleichzeitig das Rad T, das an seinem Rande Buchdruckerlettern trägt, welche sich durch Reiben an der Schwärzrolle K mit Druckerschwärze bedecken. Es sind auf dem Rande dieses Rades nur 26 Buchstaben angebracht, den beiden weißen Feldern am Manipulator entspricht eine breite leere Stelle. Die cylindrische Druckwalze M dreht sich unter der Einwirkung des Daumens x, wodurch der Papierstreifen

fortgezogen wird; sie wird außerdem vom Daumen y gehoben und sobald sie sich an das Typenrad anlegt, wird der zu unterst liegende Buchstabe auf den Papierstreifen gedruckt. Es ist noch beizufügen, daß der expedirende Telegraphist durch einen neben ihm befindlichen Mechanismus das Typenrad durch ein anderes ersetzen kann, das in analoger Weise die Zahlen und die Interpunctionszeichen trägt, die man auf den Tasten des Manipulators gezeichnet sieht.

Dies wären die Haupttheile des ungemein sinnreichen, aber auch, wie man sieht, ebenso complicirten Hughes'schen Telegraphen.

Will der expedirende Telegraphenbeamte die nächste Station anrufen, so setzt er das Laufwerk seines Apparates in Bewegung und drückt auf eine leere Taste, es wird dadurch eine Weckerglocke an der angerufenen Station in Gang gesetzt. Sind hierauf die vorbereitenden Zeichen gegeben und die beiden Laufwerke genau regulirt, so beginnt die Correspondenz: die einzelnen Tasten werden nach einander in der richtigen Aufeinanderfolge mit einer Geschwindigkeit niedergedrückt, welche von der Rotation der Axe des Manipulators abhängt. Geht der Schlitten B über den gehobenen Zapfen weg, so geht der Strom in den Liniendraht und es geht Alles in der beschriebenen Weise vor sich. Die Apparate und das Laufwerk werden ein für allemal mit solcher Sorgfalt regulirt, daß der gedruckte Buchstabe immer mit dem übereinstimmt, dessen Taste niedergedrückt wurde d. h. daß der gehobene Zapfen von dem Schlitten B genau in dem Momente getroffen wird, wo der diesen Zapfen

entsprechende Buchstabe am Typenrade die unterste Stelle einnimmt.

Der Caselli'sche Pantelegraph.

Bei allen von uns bisher betrachteten telegraphischen Apparaten wurden die magnetischen Wirkungen des galvanischen Stromes in Anwendung gebracht. Wir haben auch schon chemische Wirkungen des Stromes kennen gelernt, die — wie wir später noch weiter sehen werden — zu einem großartigen Industriezweige, der Galvanoplastik, Veranlaßung gegeben haben, und diese Wirkungen sind es, deren sich Caselli bei seinem autographischen Telegraphen bedient hat.

Ein englischer Mechaniker, Bain, erdachte ein telegraphisches System, bei welchem der eine Pol der Batterie mit einem Stifte von Eisen, der andere Pol mit Papier in Verbindung stand, das mit einer eigenthümlichen chemischen Substanz, mit Cyankalium, getränkt war. So oft die Spitze des eisernen Stiftes mit diesem Papier in Berührung gebracht wurde, ward der Strom in der Batterie geschlossen und man erhielt an dem Berührungspuncte eine blaue Färbung. Das Cyankalium wurde zersetzt und in Folge einer ganz einfachen chemischen Reaction bildete sich Berlinerblau. Eine beliebige Zeichnung, mit diesem Stift gezogen, wurde durch eine Reihe von blauen Puncten reproducirt.

Auf dem gleichen Principe beruht auch der Caselli'sche Pantelegraph; allein von dieser rein theoretischen Thatsache bis zur Construction eines Telegraphenapparates war noch ein großer Schritt zu thun.

Zahllose Schwierigkeiten waren jeden Augenblick zu entfernen und stellten sich der Aufgabe entgegen, die sich Caselli gesetzt hatte. Zehnjährige, unausgesetzte Studien waren erforderlich, zehn Jahre lang mußte er einen Gedanken verfolgen, der allen Anstrengungen Trotz zu bieten schien.

Vorerst mußten die Spuren des eisernen Stiftes nett und präcis erhalten werden, daher durften weder Unreinheiten noch ein Zerfließen der Farbe vorhanden sein. Dies zu erreichen war keine geringe Schwierigkeit. Caselli hat sie gehoben, indem er das Papier feucht genug für das Zustandekommen der chemischen Reaction nahm, aber doch auch wieder trocken genug, um die chemische Zersetzung auf größere Ausdehnung zu verhüten. Sodann mußte die Einwirkung des Stromes eine momentane sein, damit ein Punct wirklich wieder als Punct, weder zu groß noch zu klein, zu Stande kam. Caselli hat dies Alles erreicht; alle Schwierigkeiten, die sich in dem Maße darboten, als der Apparat an Form gewann, wurden so der Reihe nach überwunden, stets mit Glück, oft sogar in einfacher Weise. Es kann übrigens auch bei diesem Apparate hier nicht alles Detail gegeben werden; wir müssen uns vielmehr begnügen wieder die Haupteinrichtungen unseren Lesern vor Augen zu führen (Fig. 54).

Ein 2 Meter langes und 8 Kilogramm schweres Pendel wird in Schwingungen versetzt; in der Mitte desselben sind zwei Arme, in Gelenken beweglich, angebracht, einer für den Uebertrager, der andere für den Receptor, welche beide Apparate übrigens bis auf einige klein

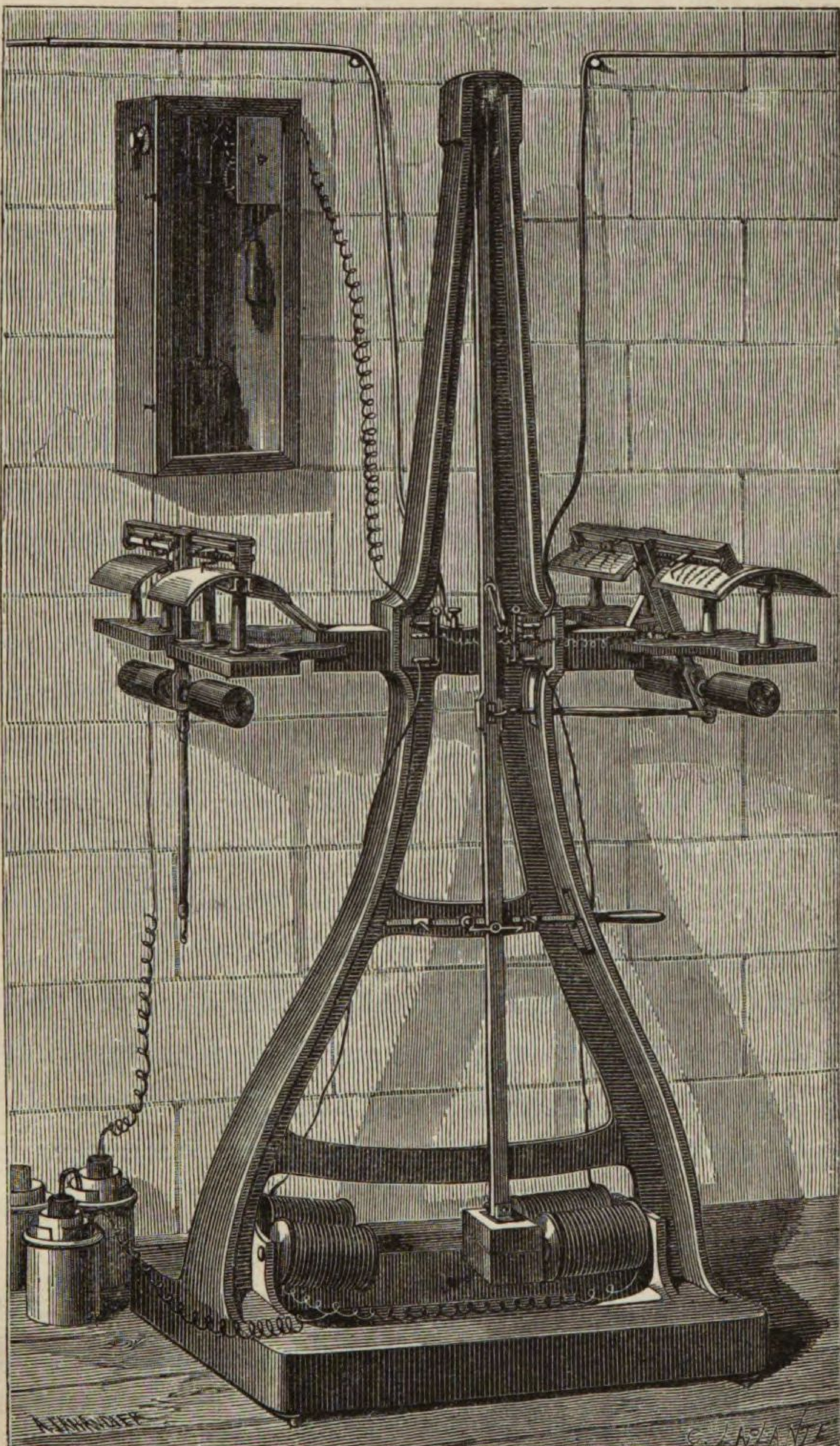


Fig. 54.

Details identisch sind. Jeder der genannten Arme trägt einen Rahmen, welcher den eigentlichen telegraphischen Apparat bildet. Allemal wenn das Pendel z. B. nach rechts auf die Seite des Uebertragers geht, stößt der Arm an einen Hebel, der durch einen passenden Mechanismus eine eiserne Nadel in Bewegung setzt, die dann in dem Rahmen unter der Einwirkung des Armes am Pendel hin und her oscillirt. Sie legt sich an das Papier an, so oft die Bewegung nach rechts statt hat; tritt die entgegengesetzte Bewegung ein, so wird sie gehoben und berührt das Papier nicht mehr. Außerdem rückt die Nadel nach jeder Oscillation etwas weniges in der Längsrichtung fort, so daß man, wenn man anstatt der Nadel einen sehr feinen Bleistift angebracht hätte, auf dem Papier eine Reihe von parallelen Linien erhalten würde, die einander sehr nahe liegen, aber doch scharf von einander getrennt sind. Der Mechanismus, der dazu dient, alle diese Verrückungen der Nadel auszuführen, ist sehr complicirt, aber ungemein sinnreich.

Die Pendelschwingung versetzt also, um es noch einmal kurz zu wiederholen, einen eisernen Stift in hin- und hergehende Bewegung; dieser berührt das Papier blos, wenn er sich nach einer Richtung hin bewegt, und er wird etwas weniges am Ende einer jeden Oscillation verstellt.

Das Papier wird einer besonderen Präparation unterworfen. An der Abgangsstation bedient man sich für den Uebertrager eines Papierblattes, das mit einer Metallschicht belegt ist, welche den galvanischen Strom gut leitet und mit einer isolirenden Tinte überzogen wird.

An der Empfangsstation wird für den Receptor ein mit Cyankalium imprägnirtes Papier verwendet So oft der Eisenstift des Uebertragers die Metallfläche berührt, geht der Strom in die Linienleitung; trifft der Stift auf die isolirende Tinte, so hört der Strom auf, entsteht aber sogleich wieder, sobald der Stift mit dem Metall in Berührung kommt. Solange der Strom circulirt, ist der Stift an der Empfangsstation vom Papier entfernt; sowie der Strom unterbrochen wird, wirkt eine kleine Localbatterie auf den Stift, senkt ihn und markirt auf dem Papier einen farbigen Punkt.

Bei dieser Art der Uebertragung besteht eine von dem Caselli'schen Telegraphen geschriebene Depesche aus einer Reihe sehr nahe an einander liegender Linien, auf denen bestimmte Puncte markirt sind. Die Depesche, sei es eine Zeichnung oder seien es Buchstaben, wird nicht durch eine continuirliche Linie gegeben, sondern durch einander sehr nahe gelegene Puncte, die im Ganzen die Zeichnung des Orginales wiedergeben und deren Farbe dunkelblau ist. (Fig. 55.)

Das am Receptor befindliche, mit Cyankalium imprägnirte Papierblatt ist noch etwas feucht und liegt auf einer Unterlage von Zinn. Beim Durchgange des Stromes hat dann eine chemische Reaction zwischen dem Wasser und dem Zinnoxyd statt, womit sich die Oberfläche der Unterlage überzieht, es wird so diese Oberfläche beständig metallisch rein erhalten und bleibt ein guter Leiter für den galvanischen Strom. Ist die Depesche fertig, so erhält man einen blauen Abdruck; allein wenn man nun das Papier mit einer wässerigen Mischung von

Salpeter- und Pyrogallussäure behandelt, so wird die Zeichnung ganz schwarz und intensiv.

So, wie wir den Apparat bis jetzt beschrieben haben, würde blos ein Theil der Pendelbewegung ausgenützt. Der Stift am Uebertrager wird gesenkt, wenn der Balançier von rechts nach links geht; bewegt sich dieser aber von links nach rechts, so wird der Stift gehoben und arbeitet nicht mehr. Ebenso ist es am Receptor. Um auf solche Weise nicht die Hälfte der Pendelbewegung unbenützt zu lassen, hat Caselli den Apparat ver-



Fig. 55.

doppelt und läßt einen zweiten Stift in dem der Bewegung des ersten Stiftes gerade entgegengesetzten Sinne bewegen. Der Telegraph sendet dann gleichzeitig zwei Depeschen ab, ohne daß irgend eine Verwirrung zu besorgen wäre, da, während der eine Stift wirkt, der andere gehoben wird und unbeweglich ist (Fig. 56).

Die eine Seite des telegraphischen Pendels steht mit dem Uebertrager, die andere mit dem Receptor in Verbindung. Beide Apparate sind aber nie gleichzeitig in Thätigkeit; während der eine geht, ist der zum anderen

gehörige Arm am Pendel ausgehängt. In der Fig. 54 ist z. B. der zum Uebertrager gehörige Arm in Thätigkeit. Außerdem kann noch durch das Pendel selbst eine Weckerglocke in Gang gesetzt werden, sobald es nöthig sein sollte.

Diese Glocke zeigt auch die Ankunft einer Depesche an und vermittelt die eine solche vorbereitenden und ihr folgenden Zeichen.

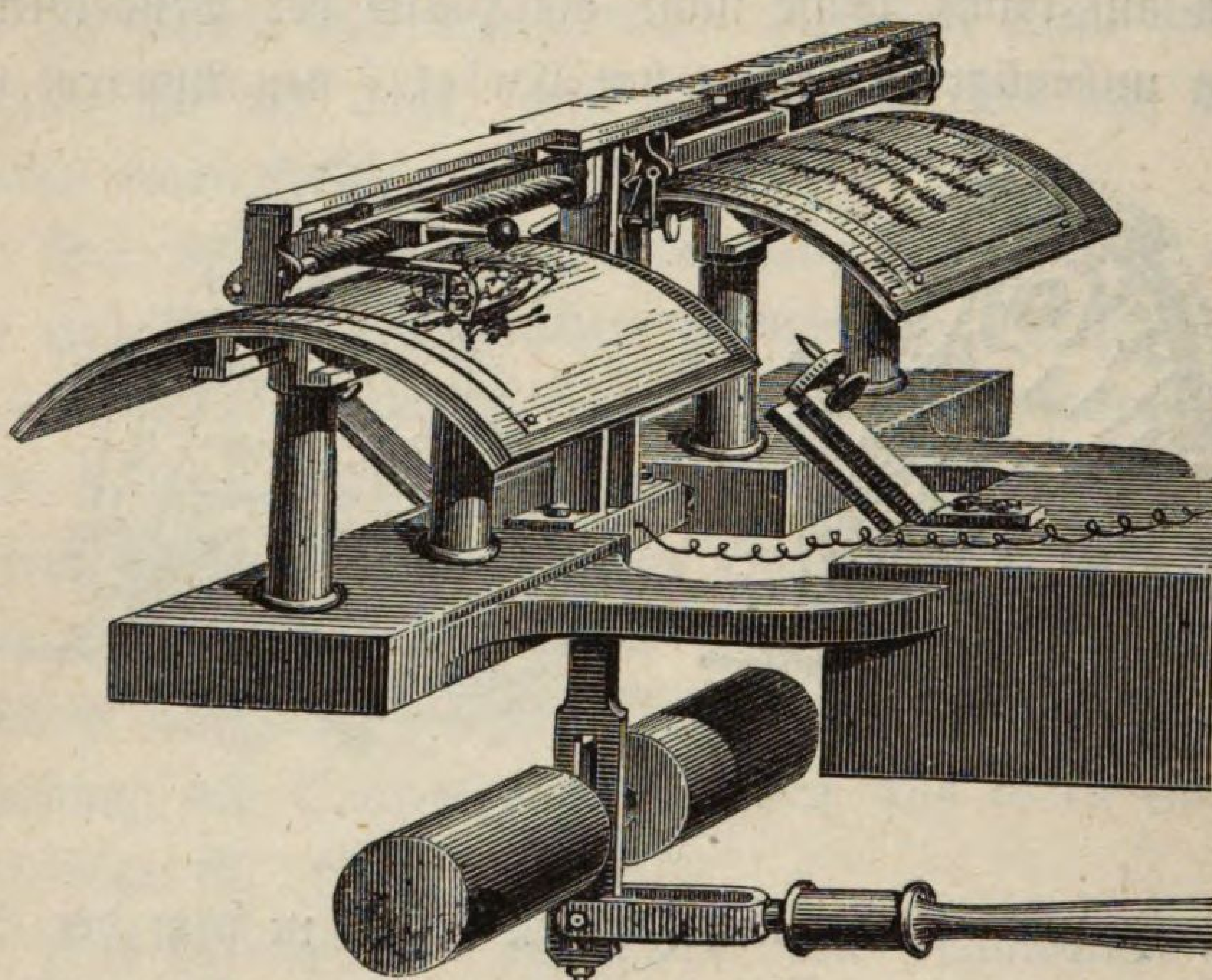


Fig. 56.

Die größte Schwierigkeit, die zu überwinden war, bestand darin, daß die beiden Pendel an der Abgangs- und der Empfangs-Station sich genau mit einander bewegen müssen. Die Zeit der Bewegung muß genau dieselbe sein, die Schwingungen müssen gleichzeitig anfangen und auch aufhören; die geringste Nichtübereinstimmung zwischen dem Balançiers würde die Depesche vollständig

verwirren. Caselli hat diese strenge Coincidenz mittelst eines regulirenden Uhrwerkes erhalten.

Am unteren Theile des Pendelsgestelles befindet sich an jeder Seite ein Electromagnet, der mit einer Localbatterie und dem Uhrwerke in Verbindung steht und die Eisenmasse am telegraphischen Pendel einmal anzieht dann wieder losläßt. In gewissen Momenten geht jedoch der Strom vom Uhrwerke aus in einen der Electromagnete an der entfernten Station, die Eisenmasse am telegraphischen Pendel bleibt dann gehoben und es findet eine Verzögerung in der Pendelbewegung statt. Jedes telegraphische Pendel hängt also vom regulirenden Uhrwerke der entfernten Station ab; da man aber mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Uhrmacherkunst diese Uhrwerke ungemein exact herstellen kann, so findet eine genaue Uebereinstimmung zwischen den Pendeln an beiden Stationen statt.

Im Jahre 1862 wurden mit dem Caselli'schen Pantelegraphen acht Monate hindurch Versuche auf den Linien zwischen Paris und Amiens, dann zwischen Paris, Lyon und Marseille angestellt, welche nach den Berichten hierüber sehr befriedigend ausgefallen sein sollen. Er arbeitete mit einer Geschwindigkeit von 15 Worten = 75 Buchstaben in der Minute. Eine ausgedehntere Verwendung hat jedoch dieser Telegraph zur Zeit in der Praxis ebenso wenig gefunden als der von Lenoir erfundene Copirtelegraph, welchen vielleicht so manche unserer Leser auf der Pariser Ausstellung im Jahre 1867 in Thätigkeit gesehen haben.

Die telegraphische Leitung.

Die telegraphische Leitung bildet den Schließungskreis der galvanischen Batterie, der Kraftquelle, deren Wirkungen zur Fernschrift benützt werden sollen.

Der Telegraphendraht ist unser steter Begleiter, wenn wir uns der Eisenbahn auf Reisen bedienen, wir müssen ihn dann unwillkürlich zum Gegenstand unserer Betrachtungen machen und doch dürfte es vielleicht nicht überflüssig sein, das Augenmerk unserer Leser auf einige Puncte ganz besonders hinzulenkeu.

Die erste eigentliche Telegraphenleitung wurde im Jahre 1833 von Gauß und Weber in Göttingen von der Sternwarte nach dem physikalischen Cabinete ausgeführt, sie bestand aus zwei nebeneinander zwischen den beiden Endpuncten geführten Drahtzügen. Steinheil hat das große Verdienst, daß er uns lehrte, den einen dieser Drähte zu ersparen und statt seiner die Erde selbst zu benützen.

Nach dem gegenwärtigen Stande müssen wir in Bezug auf die Telegraphenleitung drei Arten unterscheiden.

die Luft- oder oberirdische Leitung,

die unter der Erde fortgeführte — unterirdische — und

die unter dem Wasser fortgeführte, die submarine Leitung.

Bei der oberirdischen Leitung werden im Allgemeinen in gehöriger Entfernung starke Stangen von trockenem Holze in die Erde eingegraben, an welchen Porcellanglocken befestigt sind, die zur Aufnahme des Telegraphendrahtes dienen. Da nach dem Silber das Kupfer der

beste Leiter für den galvanischen Strom ist, so hat man anfangs den telegraphischen Leitungsdraht von Kupfer genommen; gegenwärtig verwendet man jedoch fast durchweg Eisendraht, dem man eine ebenso große Leitungsfähigkeit wie dem Kupferdrahte ertheilen kann, wenn man nur den Querschnitt entsprechend größer nimmt. Der Eisendraht hat nämlich eine viel größere Festigkeit als der Kupferdraht; während eine Eisenstange von 1 Quadratzoll Querschnitt 60 bis 90000 Pfund trägt, ist eine ebenso dicke Kupferstange nur im Stande 40 bis 50000 Pfd. zu tragen.

Außerdem betragen die Kosten bei Anwendung von Eisendraht blos etwa den dritten Theil, von denen eines gleich gut leitenden Kupferdrahtes, da abgesehen vom höheren Metallpreise letzterer eben wegen seiner geringeren Festigkeit mehr Tragstangen erfordert. So belaufen sich die Kosten für eine Meile mit Eisendraht gelegt auf 370 Thlr., mit Kupferdraht gelegt dagegen auf 1230 Thaler.

Um den Eisendraht, der beständig den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist, vor Rost zu schützen, hat man denselben in vielen Ländern galvanisirt d. h. mit einem Ueberzug von Zink versehen; früher hatte man den Draht auch mit Oelfarbe oder Firniß angestrichen. Gegenwärtig begnügt man sich meistens damit, denselben, nach dem letzten Ausglühen noch heiß in Leinöl einzutauchen, wodurch er sich mit einer mehrere Jahre lang haftenden Oelschichte überzieht.

Die Tragstangen bestehen gewöhnlich aus trockenem Holze, das zum Schutze gegen Fäulniß am unteren Theile schwarz angebrannt oder auch mit einem vor Fäulniß schützenden Stoffe z. B. Kreosot, Zinkchlorid imprägnirt ist.

Da die hölzernen Tragstangen, weil sie so oft erneuert werden müssen, beträchtliche Unterhaltungskosten erfordern, so haben in den letzten Jahren die eisernen Telegraphenstangen, in steinerne Sockel eingelassen, eine immer allgemeinere Verbreitung gefunden. Ihre erste Anschaffung beläuft sich zwar beträchtlich höher als bei den hölzernen Stangen; allein da sie fast gar keine Unterhaltungskosten erfordern, so sind sie am Schluße doch billiger als letztere. Da gesunde Bäume der Fäulniß

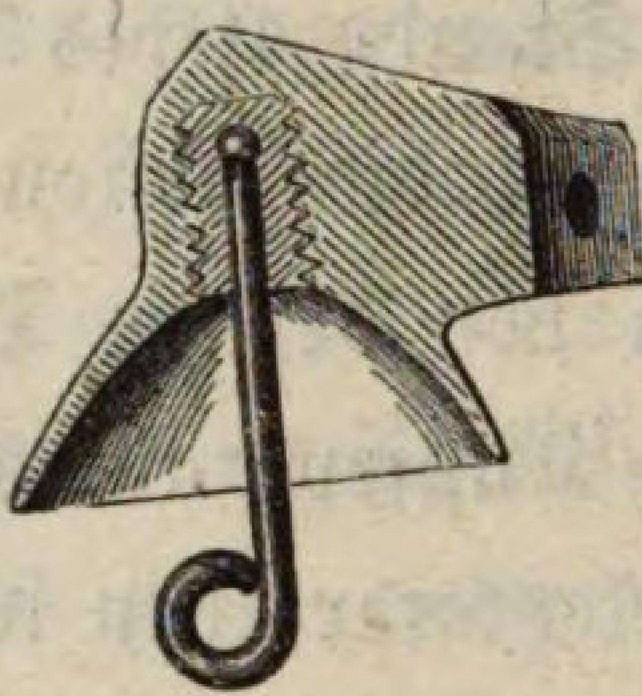


Fig. 57.

nicht unterworfen sind, so hat man vielfach die Alleebäume als Tragstangen benützt vorzüglich in der Schweiz.

Sobald bei Regenwetter die Tragstangen feucht werden, so sind sie gute Leiter für den galvanischen Strom und es genügte deshalb nicht, den Telegraphendraht einfach an ihnen zu befestigen, sondern man mußte dieselben viel besser isoliren. Dies geschieht mittelst der Porzellanglocken, die an den Tragstangen befestigt werden. Diese Glocken tragen zweckmäßig in ihrem Innern einen Metallstift (Fig. 57 stellt eine solche Glocke im Durchschnitt dar), der unten zu einem Ringe umgebogen wird, durch welchen man den Draht führt. Man hat übrigens den Isolatorglocken die mannichfachsten Formen gegeben, wovon in den folgenden Fig. 58, 59 und 60 einige der ver-

breiteteren dargestellt sind. Trotz dieser Glocken ist die Isolirung noch immer keine vollständige und macht sich die Mangelhaftigkeit derselben besonders bei Regenwetter geltend. Während man bei trockener Witterung mit einer

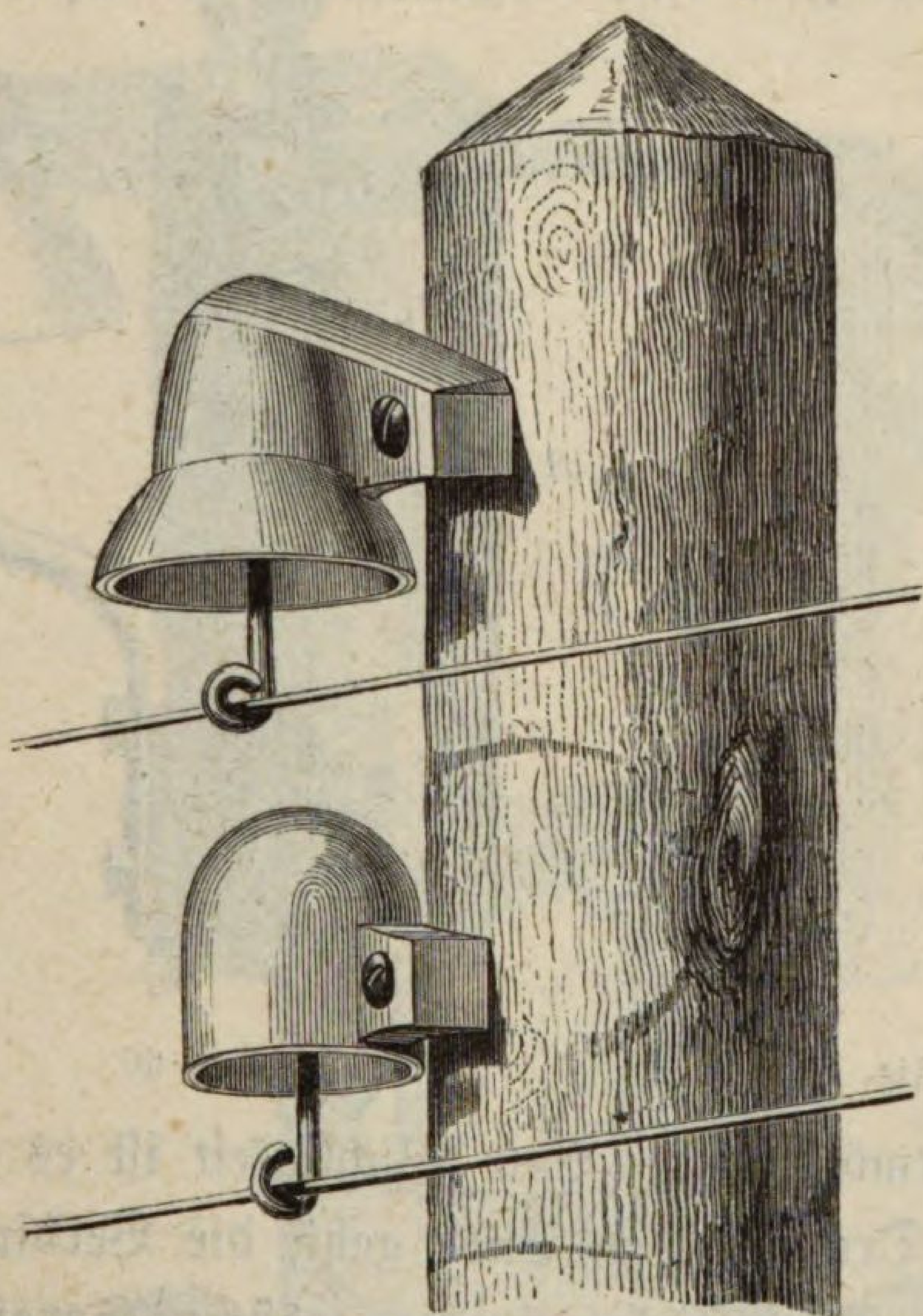


Fig. 58.

Batterie von 100 Daniell'schen Elementen noch auf 120 bis 160 Meilen einen empfindlichen Morse'schen Farbschreiber oder ein Relais in Thätigkeit setzen kann, ist man bei Regen oder Nebel blos im Stande mit der gleichen Batterie auf einer Linie von 50 bis 60 Meilen zu arbeiten.

Wird nun der Telegraphendraht an den Isolirglocken befestigt, so muß er immer gehörig gespannt werden, was vermittelst eigener Drahtwinden (Fig. 61) geschieht.

Um den bereits gelegten Telegraphendraht beständig in der gehörigen Spannung erhalten zu können, hat man in Frankreich von Kilometer zu Kilometer mit den Isolirglocken besondere Vorrichtungen (Fig. 62) verbunden, welche jeder Zeit eine Regulirung der Spannung des

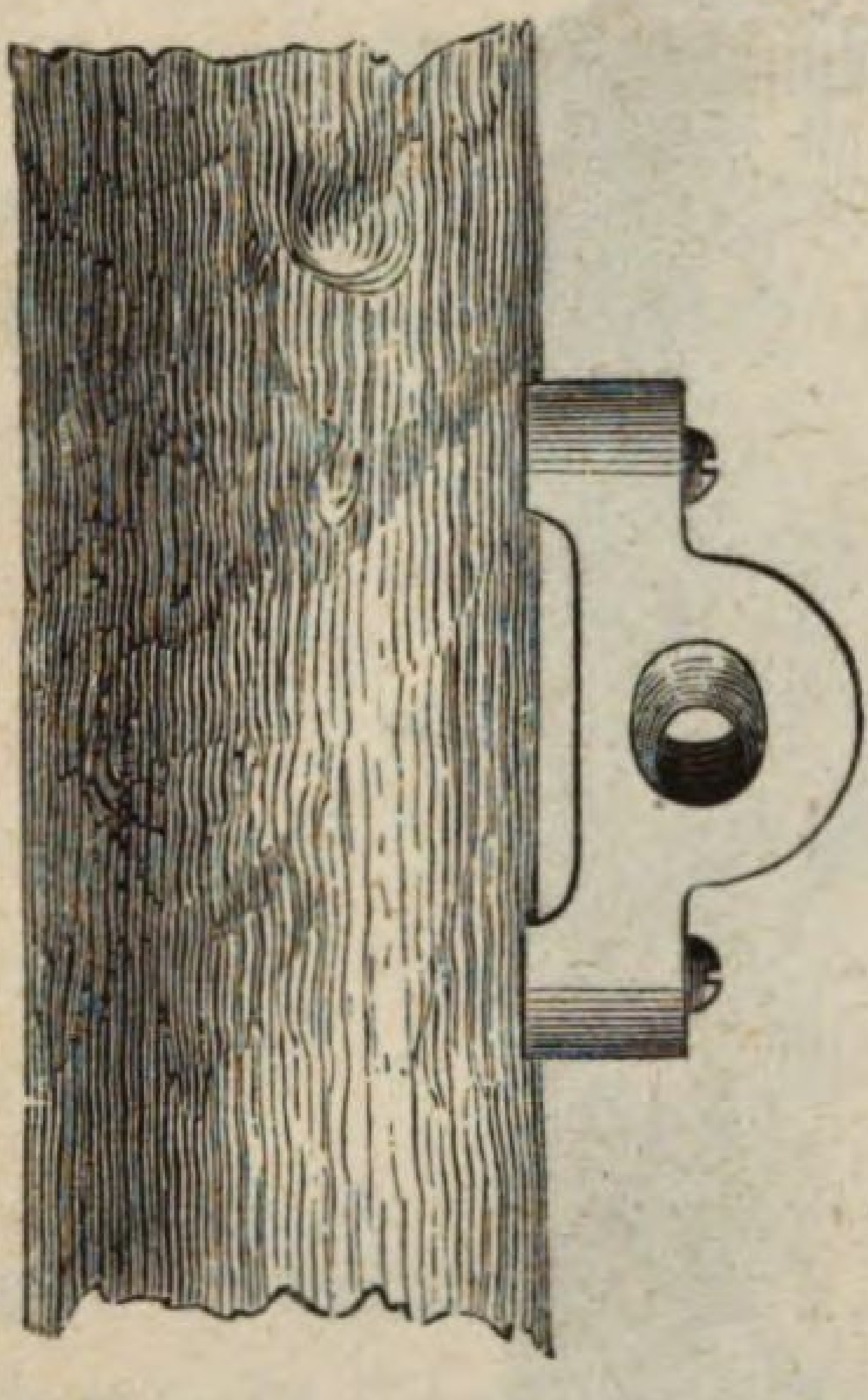


Fig. 59.

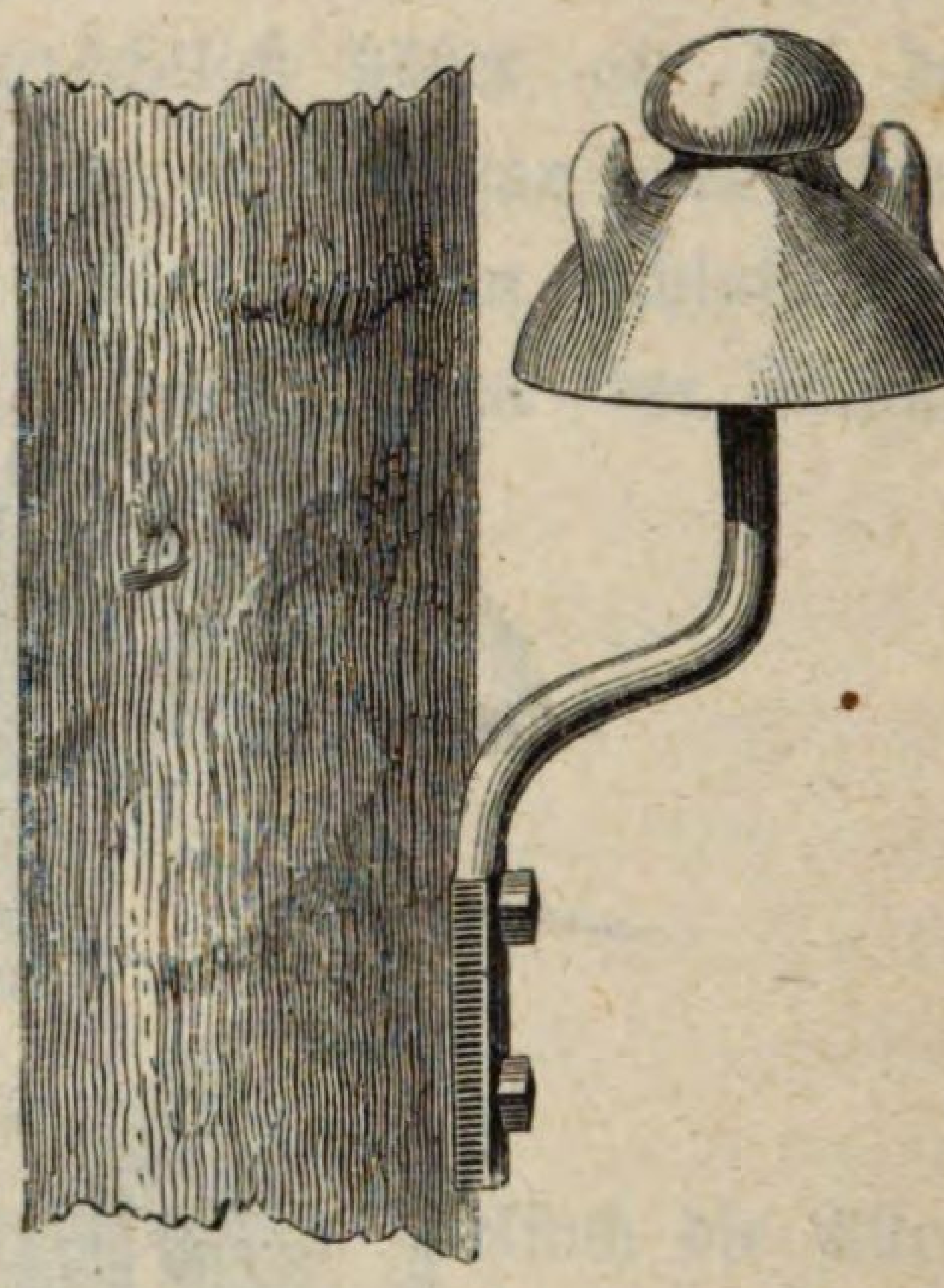


Fig. 60.

Drahtes ermöglichen. Von Wichtigkeit ist es auch, daß wenn ein Drahtstück zu Ende geht, die Verbindung mit dem neuen Drahtstücke mit der größten Sorgfalt ausgeführt werde. Zu diesem Behufe müssen die beiden Drahtenden fest übereinander gewunden (Fig. 63) und dann noch verlöthet werden.

Die ersten Versuche eine unterirdische Telegraphenleitung herzustellen, rühren von Jacobi, dem Erfinder der Galvanoplastik, her; durch dieselben wurde jedoch ebensowenig als durch die bald darauf an anderen Orten angestellten Versuche ein befreidigendes Resultat erzielt. Im Jahre 1846 begann Siemens den Leitungsdraht

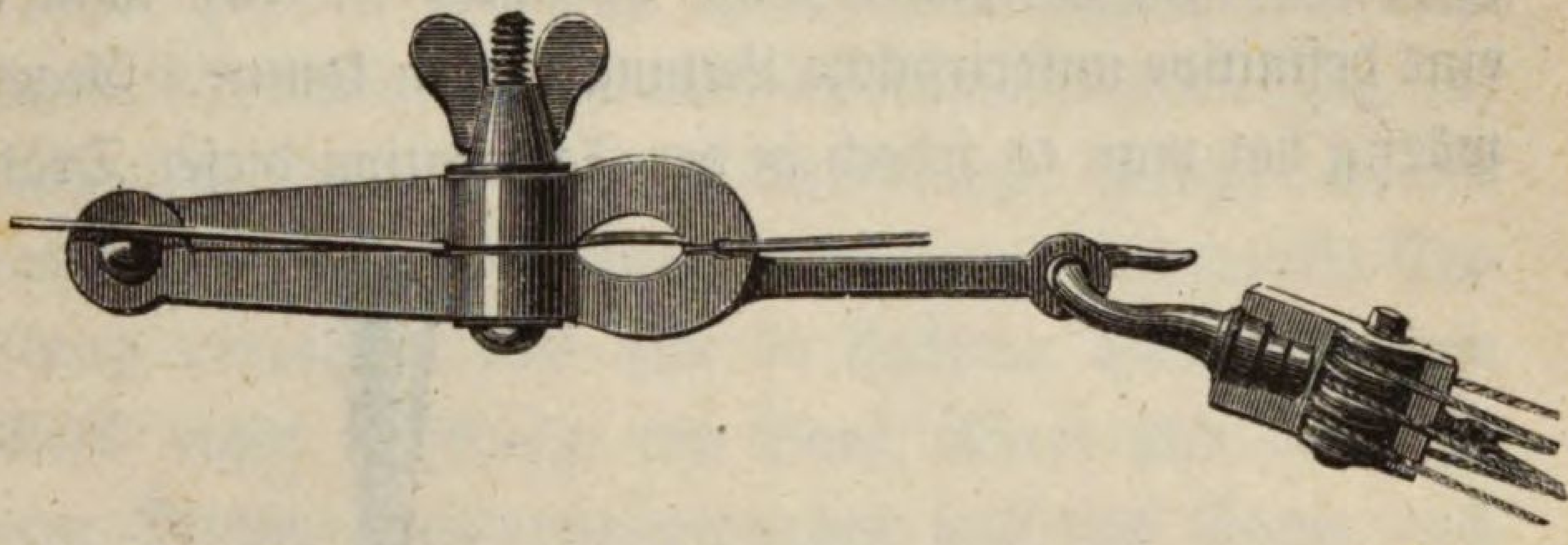


Fig. 61.

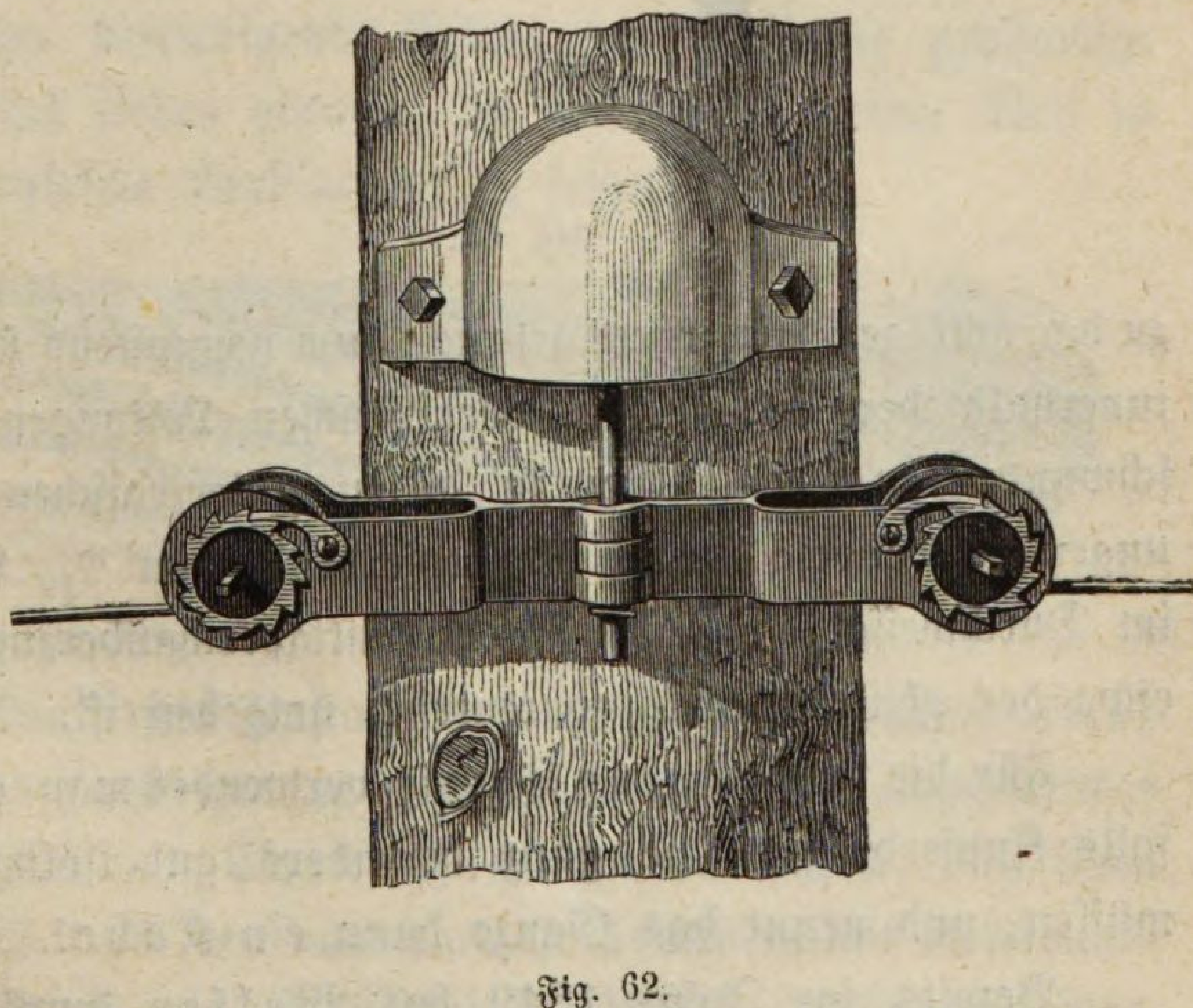


Fig. 62.

durch eine Umhüllung von Guttapercha zu isoliren; allein es mußte auch hier erst eine Reihe von Erfahrungen gesammelt werden, bis es gelang, die mit der Guttapercha überzogenen Drähte in solcher Güte herzustellen, daß man an eine definitive unterirdische Leitung denken konnte. Gegenwärtig hat man es jedoch in der Fabrikation dieser Drähte

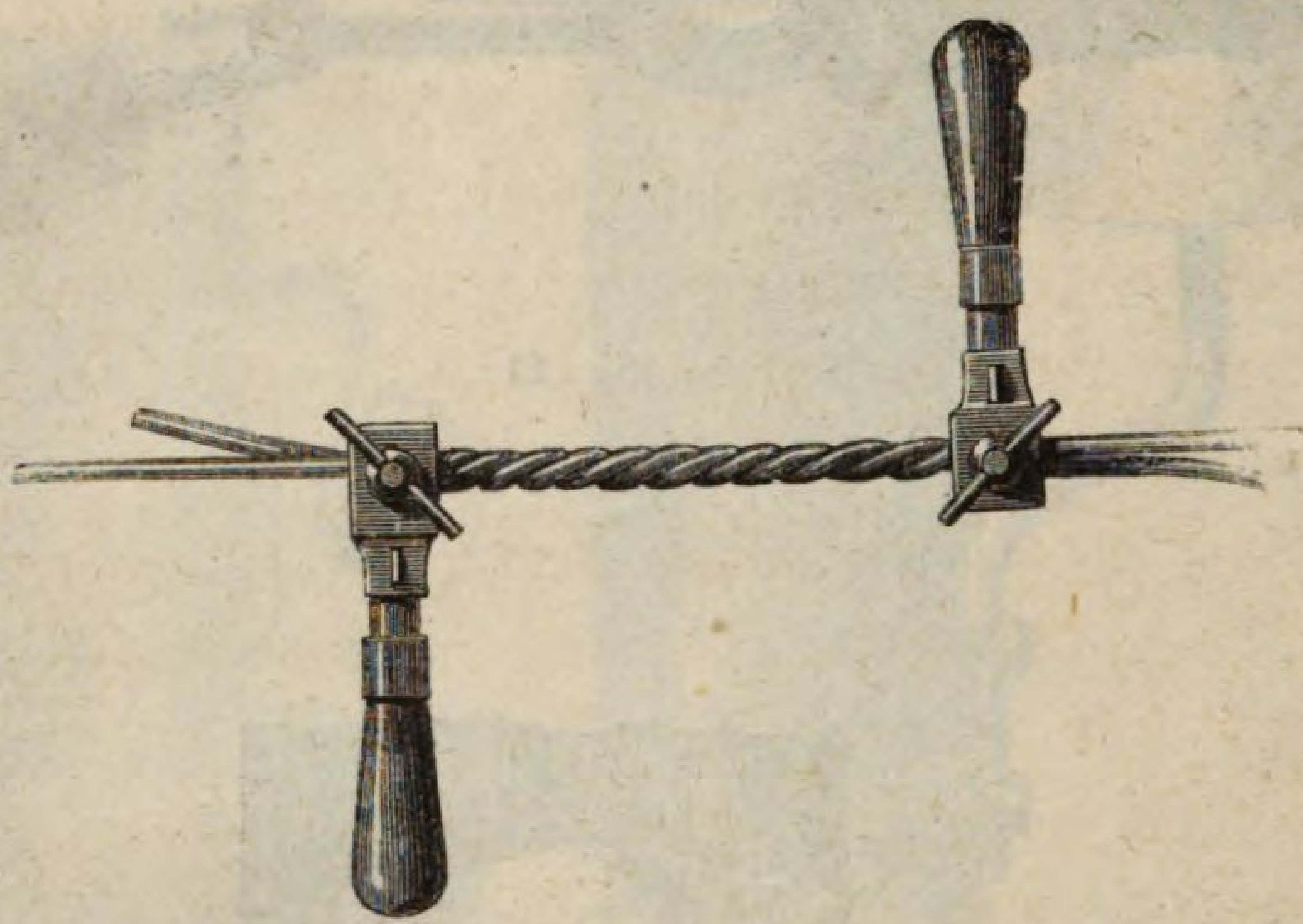


Fig. 63.

zu der nöthigen Sicherheit gebracht, um wenigstens überall innerhalb der Städte die oberirdischen Leitungen verschwunden zu sehen. Der zu diesen unterirdischen Leitungen verwendete Draht ist Kupferdraht von $^8/_{10}$ Linien im Durchmesser, der mit einem Guttaperchaüberzug von etwa der gleichen Dicke concentrisch umgeben ist.

Für die submarine Leitung verwendet man gleichfalls Kupferdrähte, die ganz besonders gut isolirt sein müssen, und nennt das Ganze dann ein Kabel.

Bereits im Jahre 1849 hat Walker durch eine etwa zwei Meilen lange, in das Meer versenkte Leitung telegraphische Zeichen gegeben; am 28. August 1850

wurde zum ersten Male Dover und Calais von Brett durch eine submarine Leitung telegraphisch verbunden. Obwohl das Kabel schon in wenigen Tagen seinen Dienst versagte, schreckte dies den Unternehmungsgeist doch nicht zurück. Ein dickeres Kabel mit vier Kupferdrähten (Fig. 64) wurde im September 1851 neuerdings gelegt. Jeder Kupferdraht war von einer doppelten Guttapercha-Umhüllung umgeben, alle vier so isolirten Drähte wurden mittelst einer Mischung von Hanf, Theer und Talg zu einem Strange zusammengewunden und das Ganze noch durch eine Hülle von zehn Drähten aus galvanisirtem Eisen umschlossen.

Seit dieser Zeit wurden an vielen anderen Orten durch Flüsse, Seen und Meere submarine Kabel gelegt und der befriedigende Erfolg hat sogar die großartige Idee ins Leben gerufen, die alte und die neue Welt in telegraphische Verbindung zu setzen.

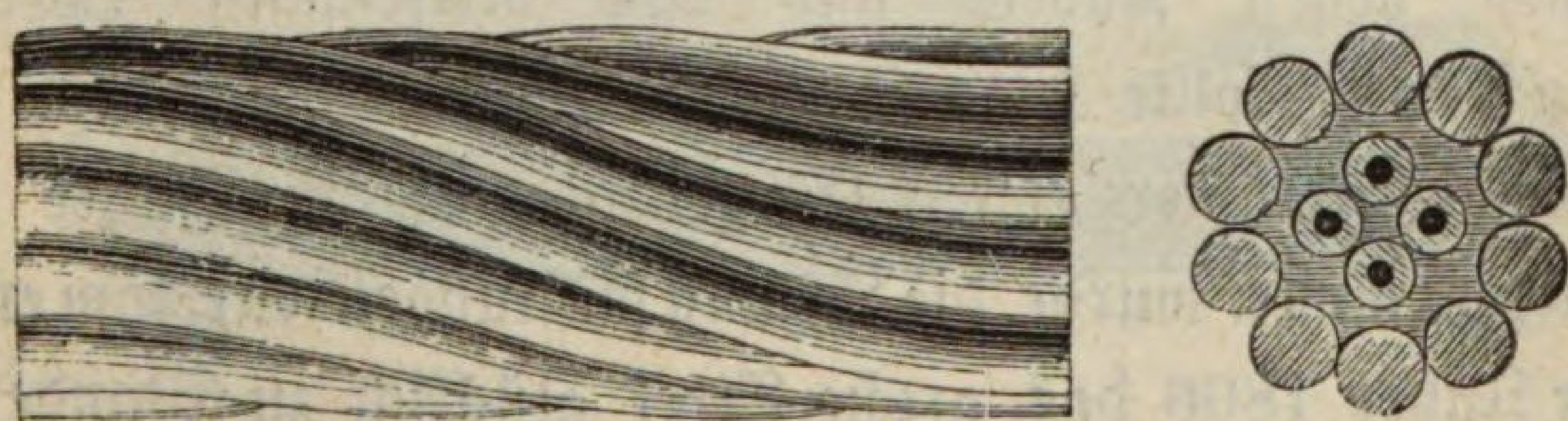


Fig. 64.

Den ersten Anstoß hiezu gaben die Gebrüder Field in New-York und es war namentlich der aufopfernden Thätigkeit von Cyrus Field zu verdanken, daß schon im Juli 1856 der amerikanische Continent mit Newfoundland durch ein Tiefseekabel glücklich verbunden war. Nachdem dann eine Reihe von Tiefenmessungen ergeben hatte, daß der Meeresboden zwischen Newfound-

land und Irland ein für die Legung eines Kabels ganz günstiges Terrain darbiete, nachdem ferner im Juni 1857 die Anfertigung des Kabels vollendet war, wurden zwei der größten englischen Schiffe, der Agamemnon und der Niagara mit den nöthigen Ausrüstungen für die Kabellegung versehen. Am 5. August 1857 begann die Legung selbst; allein am 11. August riß das Kabel und die Schiffe kehrten unverrichteter Dinge nach Irland zurück. Schon im Juli des darauffolgenden Jahres 1858 war eine zweite Expedition mit denselben Schiffen ausgerüstet, gleichfalls ohne den gewünschten Erfolg. Ein solcher, wenn auch blos auf kurze Zeit, wurde erst durch die dritte Expedition im Jahre 1858 erzielt; am 5. August wurde das erste telegraphische Zeichen über den Ocean gegeben, aber schon am 20. Oktober versagte das Kabel seine Dienste.

Der Muth der Unternehmer war trotzdem nicht vernichtet; im Jahre 1864 schritt man an die Anfertigung eines neuen Kabels und das Riesenschiff „Great-Eastern“ sollte seine Legung besorgen. Nachdem nocheinmal bei einer ersten Expedition, die im Jahre 1865 unternommen wurde, die Legung mißlungen war, kam endlich im Jahre 1866 das große Werk glücklich zu Stande; am 4. August dieses Jahres konnte die transatlantische Linie bereits dem allgemeinen Verkehre übergeben werden.

Der Sprechapparat des atlantischen Kabels.

Man hatte schon bei der ersten Kabellegung im Jahre 1857 die Erfahrung gemacht, daß die gewöhnlichen Zeichengeber und Zeichenempfänger nicht mehr ausreichten.

Professor Thomson hatte deshalb bereits am An-

fange des Jahres 1858 sein Reflexionsgalvanometer als Zeichenempfänger für den transatlantischen Telegraphen construirt. Demselben liegt das gleiche Princip zu Grunde, das bereits Gauß und Weber beim Göttinger Telegraphen benützt hatten, es ist dies das Princip der Spiegelablesung, das wir bereits Seite 121 ff. näher besprochen haben.

Im Innern eines kreisförmigen Multiplicatorrahmens V (Fig. 65) befindet sich, an einem Coconfaden

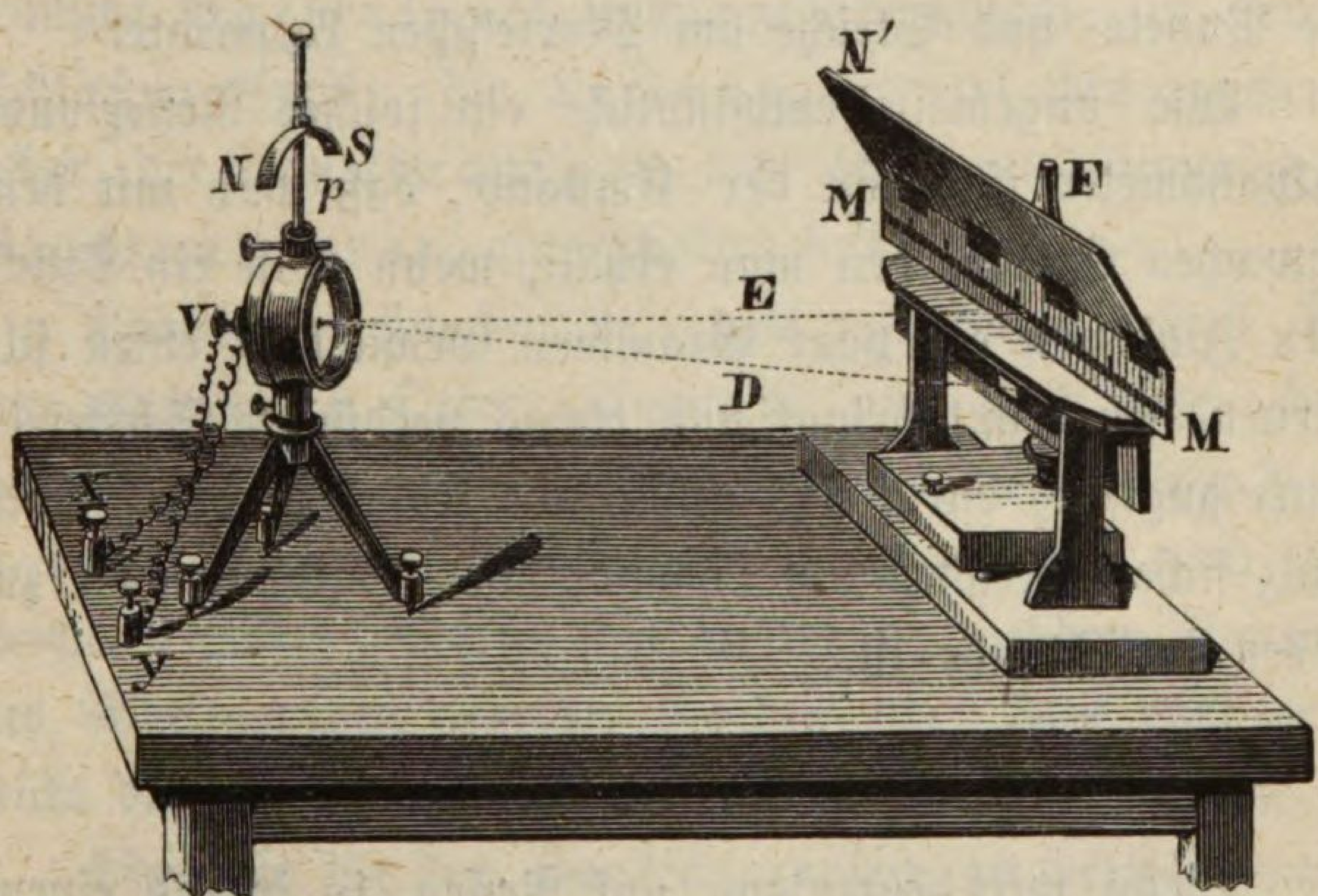


Fig. 65.

aufgehängt, ein ganz kleines Magnetstäbchen, das mit einem kreisrunden Glassilberspiegelchen fest verbunden ist. Letzterem gegenüber ist ein Schirm MM aufgestellt, welcher mit einer feinen Spalte versehen ist, durch die eine Lampe F einen Lichtstrahl D auf das Spiegelchen wirft Dieser Lichtstrahl D wird aber vom Spiegel nach E auf eine Scala reflectirt und dadurch ein bestimmter Punct derselben erleuchtet.

Geht nun ein Strom durch den Multiplicatordraht, so wird der Magnet sammt dem Spiegelchen gedreht und wir wissen bereits, daß dann der reflectirte Strahl E auf einen anderen Punct der Scala treffen und denselben erleuchten wird.

Die Bewegungen dieses Lichtzeigers an der Scala sind es, welche beim Telegraphiren durch das Kabel als Zeichen benützt werden und es ist damit in ähnlicher Weise ein Alphabet zusammengestellt worden wie durch die Puncte und Striche am Morse'schen Apparate.

Wie ungemein empfindlich ein solches Reflexionsgalvanometer ist, zeigt der Umstand, daß man mit dem schwachen Strom, den man erhält, wenn man ein Stückchen Zink von ein paar Grammen Gewicht in einen silbernen Fingerhut bringt und etwas verdünnte Schwefelsäure zugießt, durch das atlantische Kabel hindurch noch ganz sichere Zeichen am Thomson'schen Galvanometer zu geben im Stande ist.

Der Haustelegraph.

Wenn wir heutzutage auf Reisen in irgend einem besserem Hotel absteigen, so sind wir der Mühe überhoben, durch starkes Reißen an einem langen Glockenzugseile den Kellner zu rufen; ein leiser Druck an ein kleines Knöpfchen genügt um nach Belieben den Kellner, das Zimmermädchen oder den Hausknecht sicherer zu uns zu citiren als dies bei der früheren Einrichtung möglich war.

Was haben wir aber durch das Drücken an dem Knöpfchen gethan? Weiter nichts haben wir ausgeführt als den Schließungskreis einer galvanischen Batterie ge-

schlossen und damit einen in diesen Schließungskreis eingeschalteten Electromagnet in Thätigkeit versetzt — wir haben telegraphirt.

Wenn wir diese Art von Telegraphen, die galvanischen Haustelegraphen, in ihrer Einrichtung näher studiren wollen, so müssen wir wieder die am Eingange dieses Abschnittes (Seite 133) gegebenen allgemeinen Betrachtungen im Auge behalten.

Wir haben nämlich auch hier vor Allem eine galvanische Batterie als Krafterzeuger nöthig, in deren Schließungskreis, die Leitung, sowohl der Zeichengeber, der Druckknopf, als der Zeichenempfänger, der Glockenapparat, eingeschaltet sind.

Handelt es sich darum, was meistens der Fall ist, von mehreren Orten (Zimmern) aus nach einem bestimmten Puncte z. B. zum Portier ein Zeichen zu geben, so muß der Letztere außer dem Glockenzeichen noch ein Zeichen erhalten, welches ihm angibt, in welchem Zimmer das Glockenzeichen gegeben worden ist. Dies wird erreicht durch das sogenannte Indicator-Tableau.

Was die für den Haustelegraphen zu verwendende Batterie betrifft, so sind vor Allem die Elemente von Meidinger und Léclanché zu empfehlen; die Anzahl derselben richtet sich nach der Größe der Einrichtung d. h. nach der Länge der Leitung.

Man kann sich auch der Daniell'schen Kette mit Erfolg bedienen, wenn man ihr die verbesserte Einrichtung gibt, welche von Vérité, einem Uhrmacher zu Bauvais, herrührt. Derselbe hat nämlich auf das Daniell'sche Element einen hölzernen Deckel aufgesetzt, welcher in

der Mitte mit einem runden Loche versehen ist. Durch dieses Loch geht der Hals eines Glasballons B (Fig. 66) hindurch, welcher mit Krystallen von Kupfervitriol und Wasser gefüllt und mittelst eines Korkes gut verschlossen ist. Durch den Kork hindurch geht eine Röhre, welche in die Thonzelle hinabreicht und im Niveau der Kupfervitriollösung, sowie über dem Korke seitlich ein Loch be-



Fig. 66.

sitzt. In dem Maße als die Kupfervitriollösung in der Thonzelle verzehrt wird, geht in dieselbe eine neue entsprechende Quantität gesättigter Lösung herab.

Das Glockenzeichen wird im Wesentlichen dadurch hergestellt, daß man in die Leitung einen Electromagnet einschaltet dessen Anker eine Verlängerung mit einem kleinen Hämmerchen trägt, vor welchem eine Glocke auf-

gestellt ist. Circulirt der Strom, so wird der Anker des Electromagneten angezogen und damit gleichzeitig das Hämmerchen an die Glocke angeschlagen; hört der Strom auf, so geht der Anker in seine ursprüngliche Lage zurück.

Dies wäre das Princip, wie durch den galvanischen Strom ein Glockensignal zu Stande gebracht werden kann; wir wollen an ein paar der verbreitetsten Apparate zeigen, wie dasselbe bei den Haustelegraphen practisch verwerthet wird.

Glocke mit einfachem Schlage. Die einfachste derartige Vorrichtung ist der Glockenapparat, womit man beim Schließen des Stromes einen einzigen Schlag erhält. Derselbe besteht (Fig. 67) aus einem doppelten Electromagnet, vor dem sich der eiserne Anker A mit dem Hämmerchen m, welches an die daneben befestigte Glocke anschlagen soll, befindet. Sobald der Strom den Electromagneten EE durchläuft, wird der Anker A angezogen und das mit ihm fest verbundene Hämmerchen m an die Glocke angeschlagen. Hört der Strom auf, den Draht des Electromagneten zu durchlaufen, so zieht die Feder, an der sich der Anker A befindet, denselben und damit zugleich den Hammer in seine ursprüngliche Lage zurück. Man kann nun durch ein weiteres Schließen des Stromes das Experiment wiederholen und so beliebig oft den Hammer an die Glocke anschlagen lassen. Hinter dem Hammer befindet sich ein kleiner Ständer mit einer Schraube b, durch welche die Größe der Bewegung des Ankers A nach Belieben geändert werden kann.

Glocke mit Selbstunterbrechung. So einfach der eben beschriebene Apparat ist, so verwendet man

doch gegenwärtig meistens den Glockenapparat mit Selbstunterbrechung (Sonnerie trembleuse).

Um die Wirkung desselben zu verstehen, müssen wir vor Allem den Weg, welchen der galvanische Strom beim Hindurchsenden durchläuft, genau verfolgen.

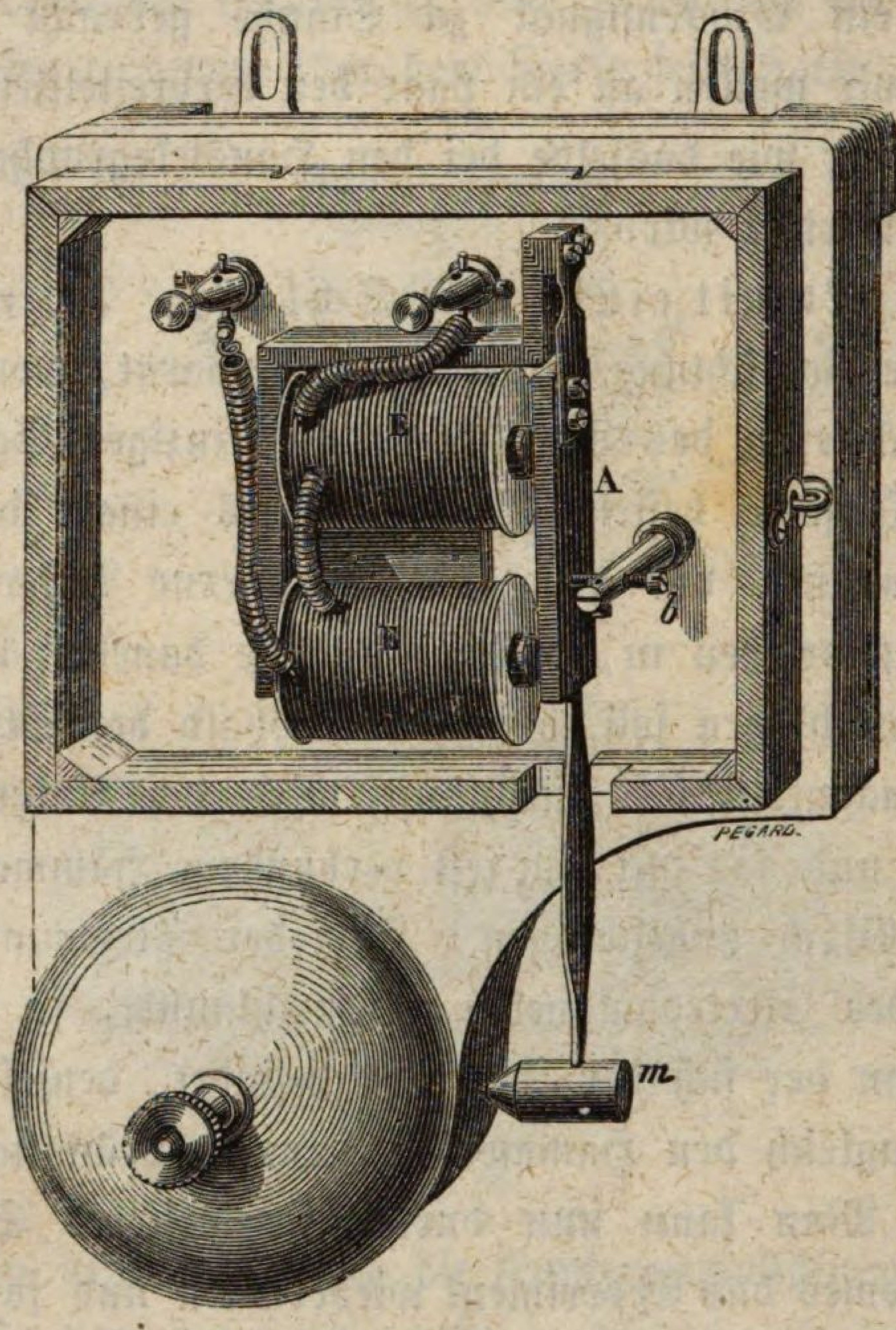


Fig. 67.

Der Strom tritt bei der Klemmschraube C (Fig. 68) in den Apparat ein, geht durch den Kupferstreifen CD und von hier durch den Draht des Electromagneten E, von welchem aus er nach F geführt wird; von da fließt er durch den Anker A zur Feder R und nun durch den

Kupferstreifen IZ zur Klemme Z, welche ihn zur Batterie zurückleitet.

Sobald der Schließungskreis außerhalb des Apparates geschlossen wird, wird der Anker A durch den Electromagnet E angezogen und der Contact der Feder bei R hört auf stattzuhaben, der Strom wird unterbrochen. Der Electromagnet zieht also dann den Anker nicht mehr an, dieser fällt zurück und schließt den Strom von Neuem; dadurch wird der Anker wieder angezogen 2c

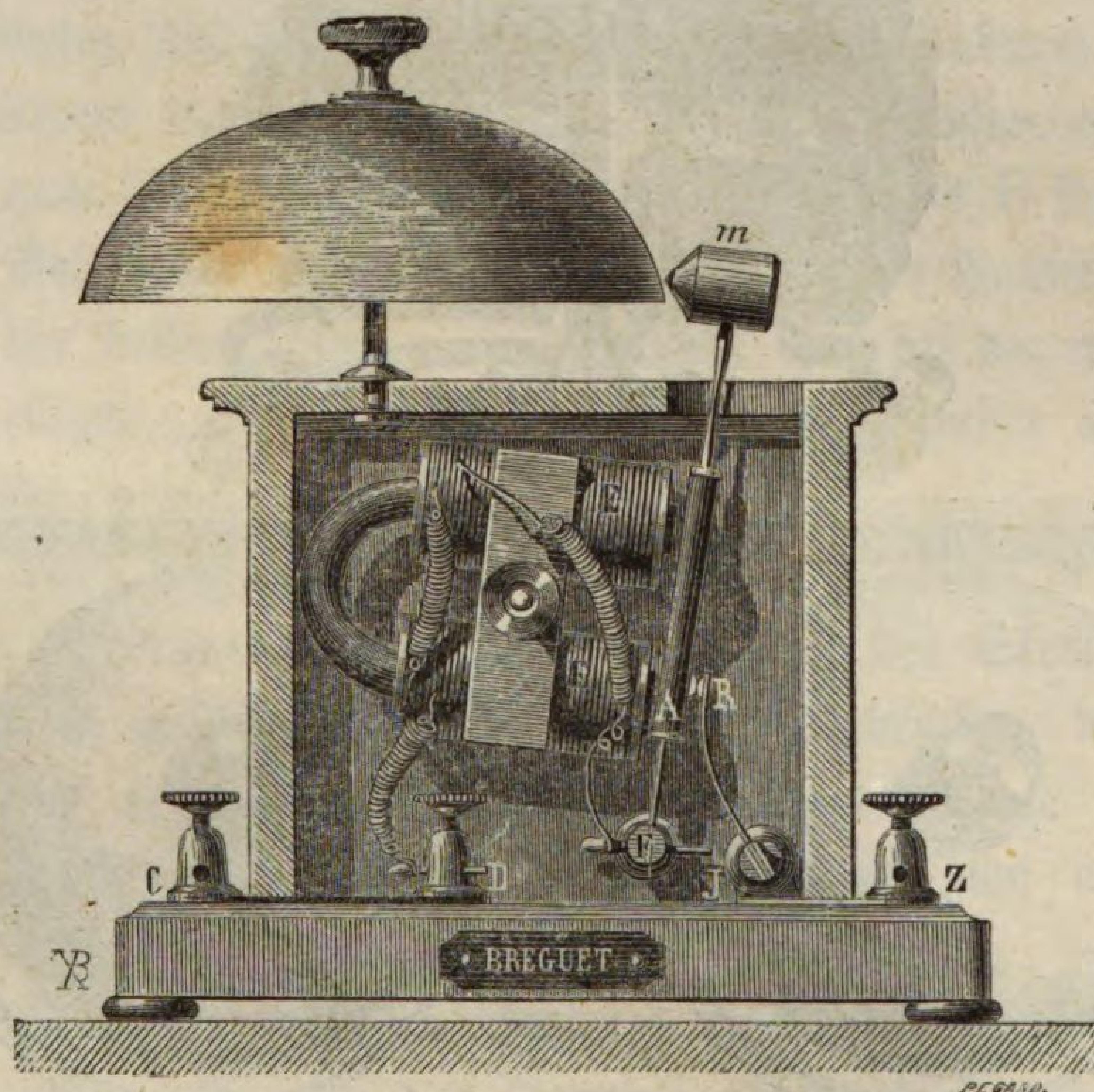


Fig. 68.

Da diese Wirkungen sehr rasch aufeinander folgen, so nimmt der Anker eine förmliche Oscillationsbewegung an, welche so lange fortdauert als der Schließungskreis außerhalb des Glockenapparates geschlossen bleibt. Bei jedem Anziehen des Ankers schlägt aber der mit diesem

verbundene Hammer m gegen die Glocke und es wird auf diese Weise ein sehr intensives Geräusch erzeugt.

Breguet hat einen Apparat mit Selbstunterbrech-

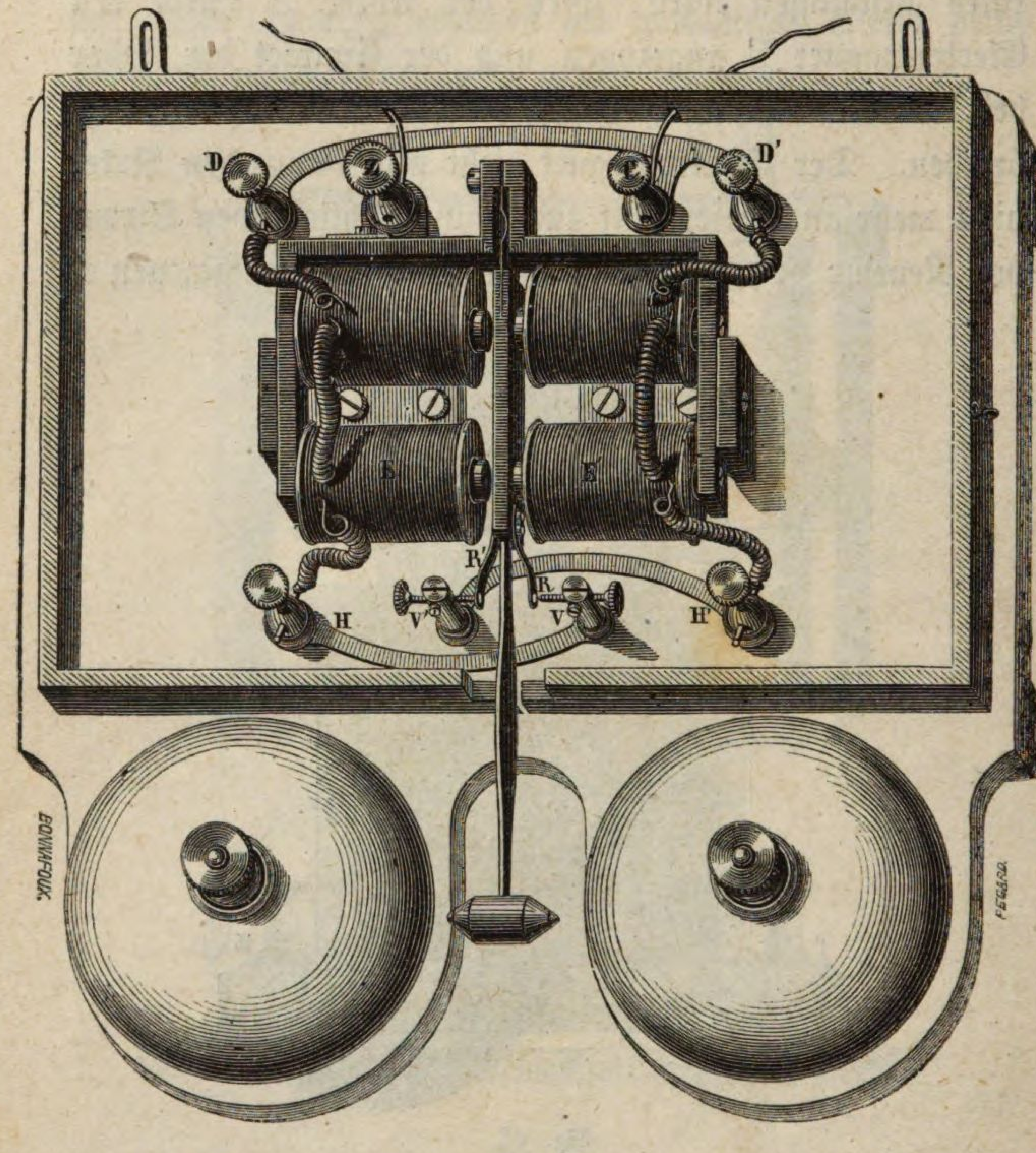


Fig. 69.

ung von doppelter Wirkung construirt, welchen Fig. 69 darstellt. Der Strom tritt durch die Klemmschraube C in den Apparat ein, geht durch die Streifen CD und CD' zu den Drähten der beiden Electromagnete E und E',

sodann durch die Streifen H V und H' V' in die Federn R und R', von da zum Anker A, von welchem aus er in den metallischen Rahmen der Electromagnete übertritt, um von hier durch die Klemmschraube Z zur Batterie zurückzukehren. Sowie der Apparat zu functioniren beginnt, wird der eine der Electromagnete E etwas stärker magnetisch als der andere, er zieht den Anker A an und unterbricht den Strom bei R. Der Strom geht dann blos durch den Electromagneten E' und es wird dadurch der Anker lebhaft von diesem angezogen; dadurch wird der Strom bei R' unterbrochen, bei R geschlossen, es hat eine neue Anziehung durch den Electromagnet E statt &c.

Bei jeder dieser Bewegungen wird der Hammer an eine der beiden Glocken angeschlagen, was bei der großen Schnelligkeit, womit die Bewegungen auf einander folgen, ein sehr intensives Geräusch verursacht.

Man sieht sogleich ein, daß bei dem oben beschriebenen Apparate mit nur einer Glocke der Strom abwechselnd geschlossen und wieder unterbrochen wurde, während er im eben betrachteten Apparate nie völlig unterbrochen ist, sondern blos vom einen zum andern Electromagneten geht oder durch beide zugleich.

Man könnte diesen Apparat zweckmäßig noch dahin abändern, daß man den Hammer im Innern einer einzigen Glocke anbrächte, so daß er beim Hin- und Hergehen an zwei entgegengesetzte Seiten der Glocke anschlägt.

Der Signalgeber. Um nun einen der beschriebenen Glockenapparate in Thätigkeit setzen zu können, schaltet man in den Schließungskreis der Batterie noch den Signalgeber ein, welcher, da man ihm häufig die

Form eines Knopfes gibt, auch der **Druckknopf** genannt werden kann. Derselbe ist eine einfache Vorrichtung, vermittelst welcher der Strom nach Belieben geschlossen und geöffnet werden kann; wir wollen verschiedene Ausführungen davon näher betrachten.

Die gebräuchlichste Form ist die eines runden Knopfes, welcher an die Wand angeschraubt wird; Fig. 70 gibt den Durchschnitt eines solchen Druckknopfes und damit die innere Einrichtung desselben. Mit den Schrauben a und b sind die Zuleitungsdrähte verbunden. Mit der Schraube a steht ferner eine Spiralfeder n, mit der Schraube b ein ebener Metallstreifen m in

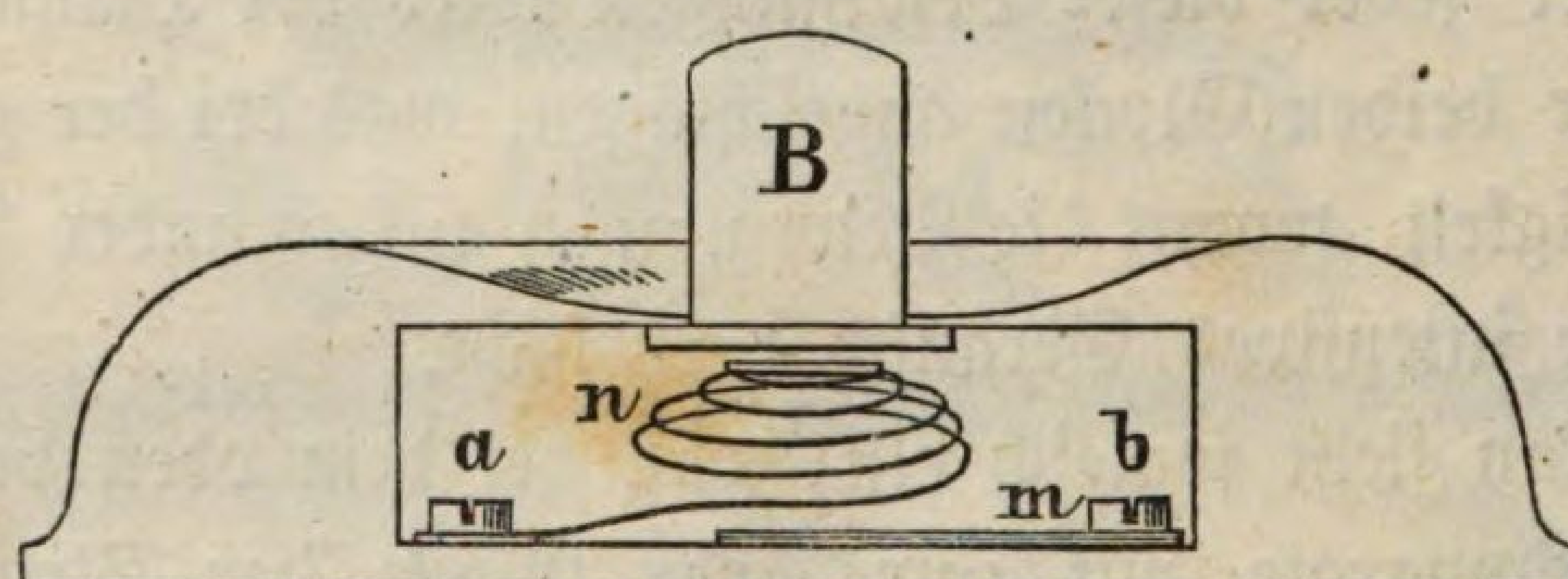


Fig. 70.

Verbindung. Wird nun mittelst des Elfenbeinknopfes B die in eine Platte endigende Feder n an den Streifen m angedrückt, so ist der Strom geschlossen. Hört der Druck auf den Knopf B auf, so führt die Feder n denselben in seine ursprüngliche Lage zurück und der Schließungskreis wird also durch den Apparat selbst wieder unterbrochen.

Will man den Signalgeber nicht an die Wand befestigt haben, so kann man ihn aufhängen, wie dies Fig. 71 zeigt. In einem seidenen Glockenzugseile gehen die Zuleitungsdrähte zu dem birnförmigen Druckknopfe



Fig. 71.

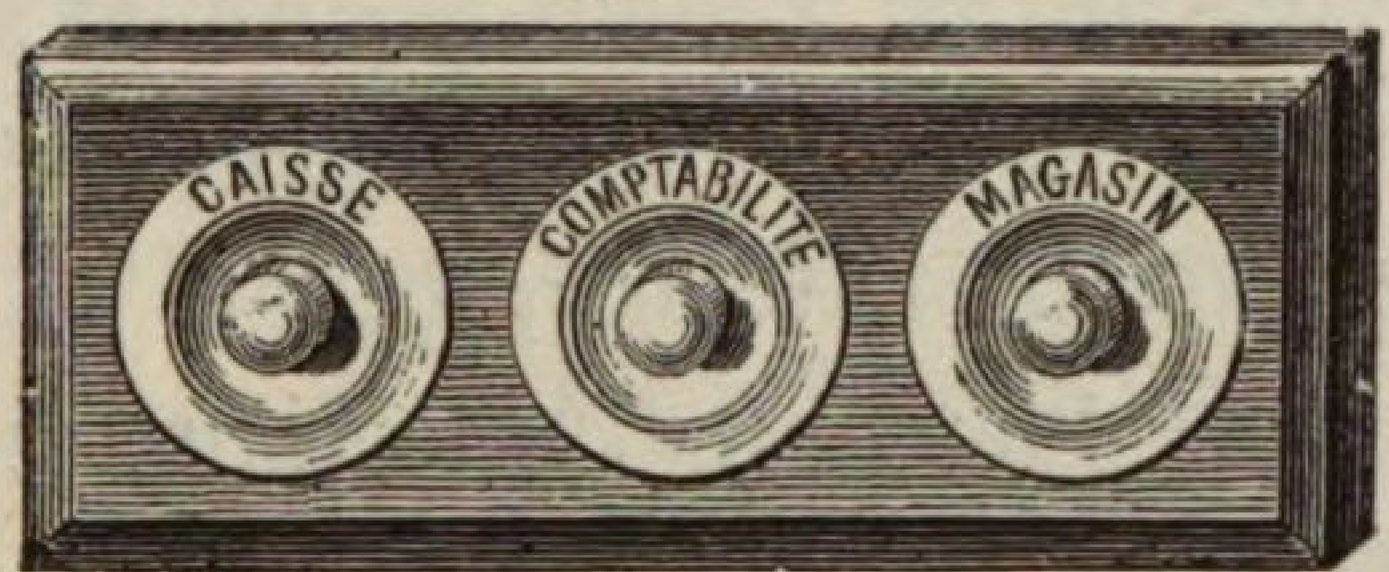


Fig. 72.

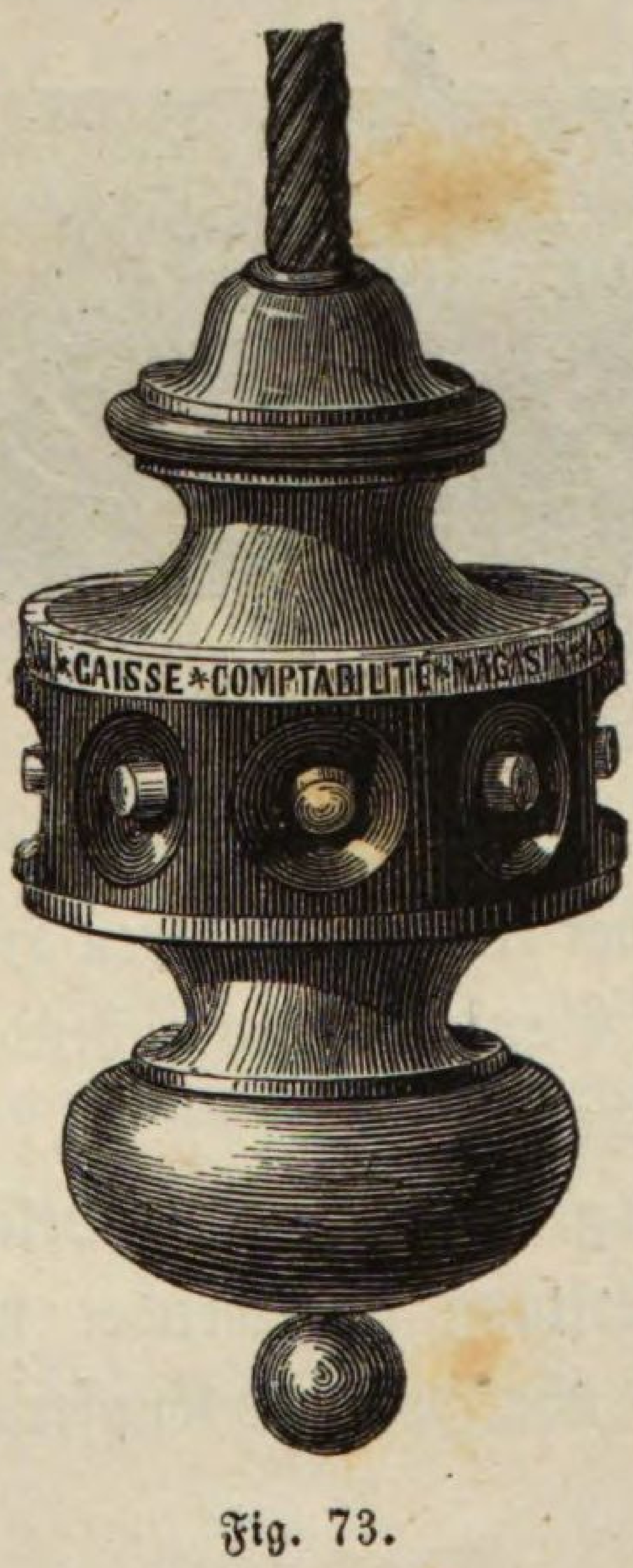


Fig. 73.

herab, dessen innere Einrichtung ganz der soeben beschriebenen gleich ist. Drückt man an das unten befindliche Knöpfchen, so wird der Stromkreis geschlossen; sowie der Druck aufhört, öffnet die im Innern befindliche zurückgehende Feder den Strom von selbst wieder.

Handelt es sich darum, von einem Puncte aus nach mehreren Orten hin Signale zu geben, so kann man die Druckknöpfe zu einem Ganzen vereinigen, wie dies aus Fig. 72 und Fig. 73 ersichtlich ist. Die erstere Einrichtung wird an die Wand geschraubt, die letztere, welche wieder im Innern des Glockenzugseiles die Zuleitungsdrähte enthält, wird aufgehängt.

Es ist noch eine Form des Signalgebers zu erwähnen, welche Fig. 74 darstellt und die an Hausthüren

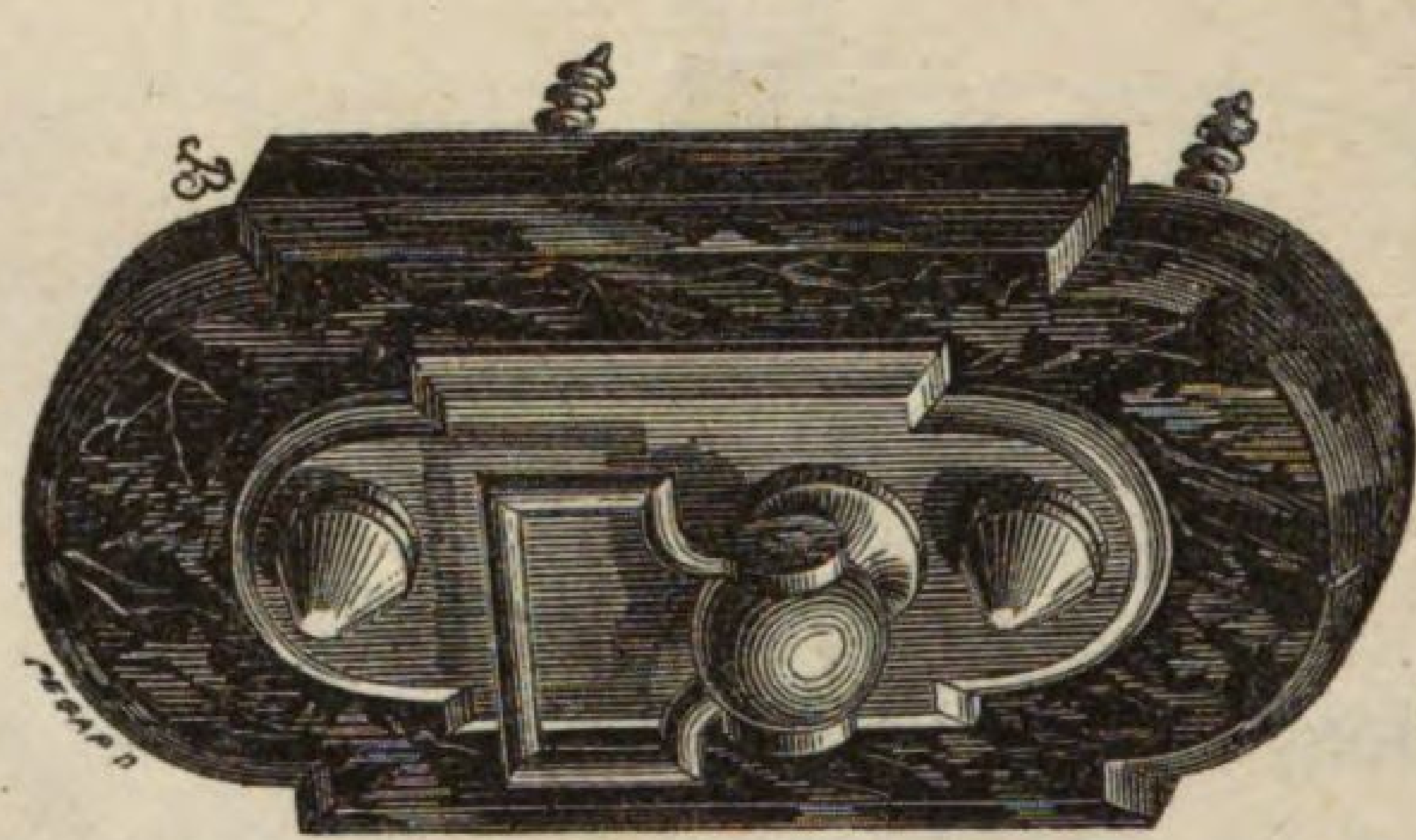


Fig. 74.

angebracht wird. Bei dieser Einrichtung wird durch Anziehen des in der Figur sichtbaren Henkels der Strom geschlossen. Das Ganze ist hinreichend massiv, um vor Zerstörungen gesichert zu sein.

Die Leitung. Die Drähte, welche bei den Haustelegraphen zur Leitung angewendet worden, sind mit Wolle oder Seide übersponnene Kupferdrähte. In ganz

trockenen Localitäten reicht es uns, diese Drähte noch mit einer isolirenden Schicht von Firniß oder Wachs zu überziehen; in allen feuchteren Localen, sowie durch die Mauern hindurch nimmt man mit Asphalt oder noch besser mit Guttapercha isolirte Kupferdrähte. Wo mehrere Drähte nebeneinander laufen, ist es zweckmäßig, den Ueberzug von verschiedener Farbe zu wählen, um ein Verwechseln der Drähte zu vermeiden.

Was das Legen der Drähte betrifft, so kann man sie an denjenigen Orten, wo sich Tafelwerk befindet, leicht mit Stiften an diesen befestigen. Man kann dieselben auch über beinerne Knöpfchen, welche zugleich isoliren, wegführen, was beim Fortleiten an den Mauern immer zu empfehlen ist. Die Drähte sollen ferner so gelegt sein, daß ein Zerreißen derselben möglichst verhindert wird; dann so, daß sie so viel als möglich verdeckt werden können, was sich namentlich bei neuen Gebäuden immer leicht einrichten läßt.

Das Indicator-Tableau. Wenn man von mehreren Puncten aus nach einem Orte hin Signale geben will, so muß, wie wir bereits oben erwähnt haben, eine an letzterem Orte befindliche Person zugleich ein Zeichen erhalten, aus dem zu ersehen ist, an welchem Puncte das Signal gegeben wurde. Man numerirt zu diesem Zwecke diese Puncte (Zimmer) und läßt durch eine eigene Vorrichtung — den Indicator -— an demjenigen Orte, an welchem sich der Glockenapparat befindet, die Nummer zugleich mit dem Glockensignale zum Vorschein kommen.

Ein solcher Indicator ist durch Fig. 75 dargestellt,

der Electromagnet desselben wird in den Schließungskreis des entsprechenden Zimmers eingeschaltet. Sobald nun der Strom den Electromagnetdraht durchläuft, wird der Anker angezogen; dadurch wird der Hebel MN losgelassen und fällt durch sein eigenes Gewicht in die von den punctirten Linien angezeigte Stellung herab. Man schließt den Indicator in ein Kästchen ein, welches einen Schlitz besitzt, aus dem dann der Hebel MN herausfällt und so sichtbar wird.

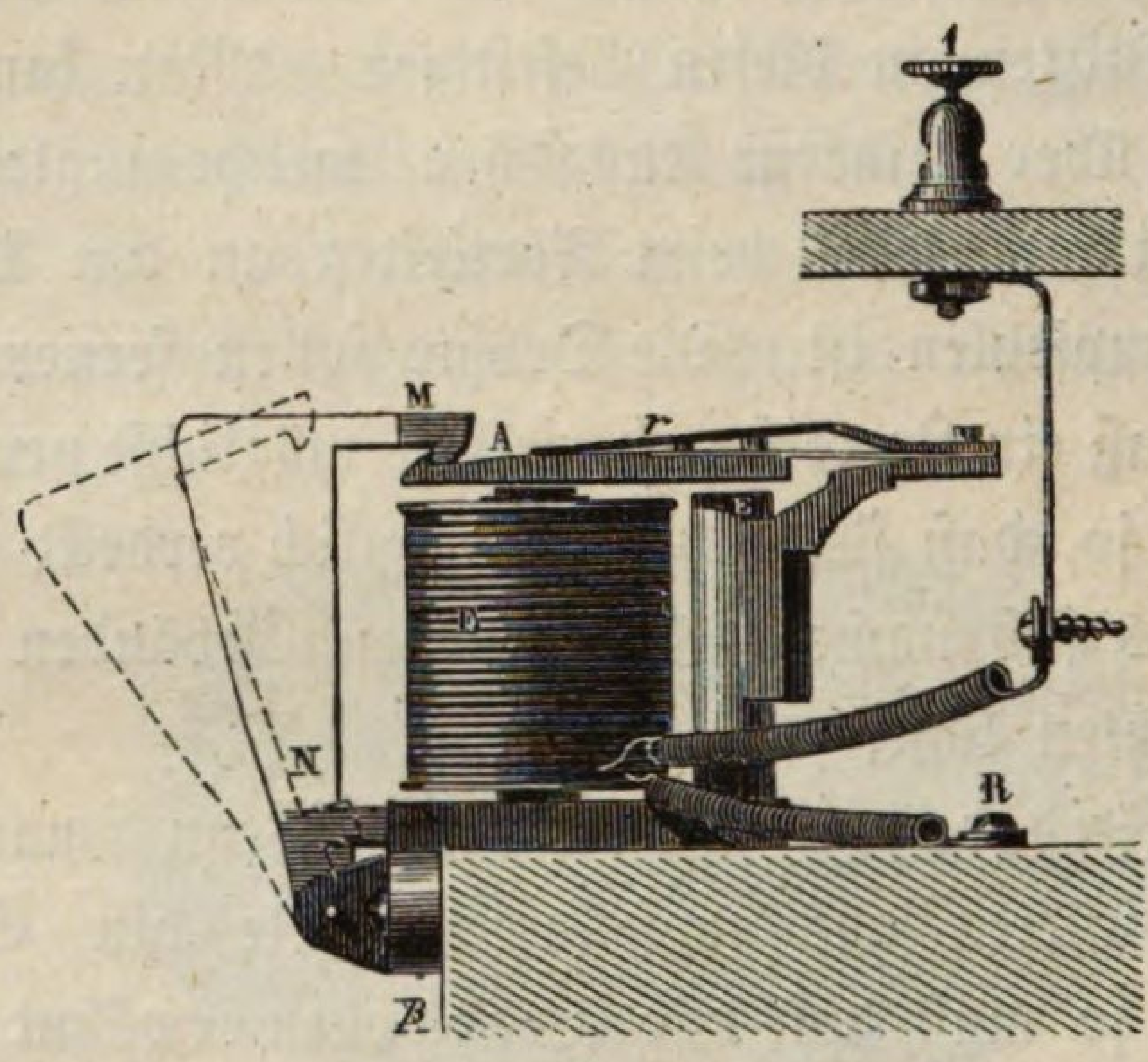


Fig. 75.

Hat man mehrere solche Indicatoren, so verbindet man dieselben zu einem gemeinschaftlichen Tableau, wie dies Fig. 76 zeigt. Unter den vorfallenden Hebeln (MN) befinden sich die Nummern der entsprechenden Zimmer und man hat nur immer die herausgefallenen Hebel mit der Hand wieder zurückzuschieben, wenn der Apparat von Neuem in Thätigkeit versetzt werden soll.

In der neuesten Zeit hat man die Einrichtung des

Indicatortableau's vielfach abgeändert. Sehr zweckentsprechend ist die Einrichtung, bei welcher das ganze Tableau mit einer geschwärzten Glasplatte geschlossen ist, auf welcher so viele Stellen nicht geschwärzt sind als das Tableau Nummern anzeigt. Wird der Strom geschlossen, so läßt eine ganz ähnliche Vorrichtung, wie die beschriebene, ein weißes Plättchen, auf welchem die betreffende Nummer steht, hinter der zugehörigen freien Stelle des schwarzen Glases herabfallen, so daß man zugleich mit dem Glockenschlage plötzlich die zugehörige Nummer auf

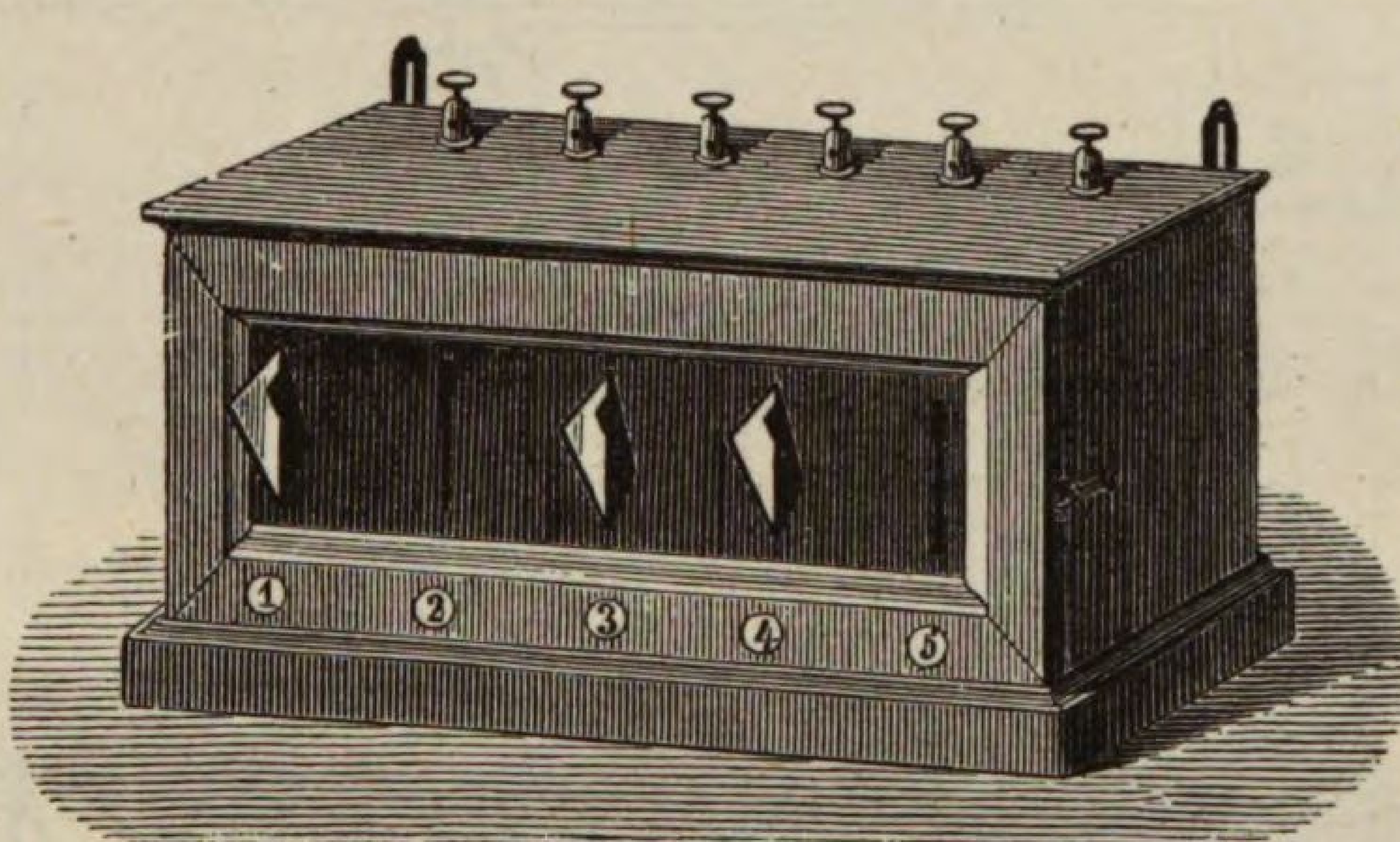


Fig. 76.

dem Tableau wahrnimmt. Mittelst eines außerhalb des Tableaukastens befindlichen Knopfes kann die Nummer wieder zurückgezogen (eingehängt) werden.

Dies wären die wesentlichen Bestandtheile, welche zu einer telegraphischen Glockeneinrichtung erforderlich sind; wir wollen noch an ein paar Beispielen zeigen, wie man die Verbindung dieser verschiedenen Theile bewerkstelligt.

Sollen von einem Puncte (Zimmer) aus nach mehreren Orten hin Signale gegeben worden, so hängt

man an jedem der letzteren Orte eine Glocke auf, während die beiden Druckknöpfe am ersten Puncte befestigt werden. Die Batterie kann man an einem beliebigen Orte, wo sie nicht belästigt, aufstellen, nur darf die Temperatur desselben nie unter den Gefrierpunct herabsinken. Die Legung der Drähte geschieht nach dem in Fig. 77 gegebenen Schema in der Weise, daß, wenn man auf einen der Druckknöpfe drückt, der Batteriestrom für die zugehörige Glocke geschlossen wird, während er für die andere Glocke offen bleibt.

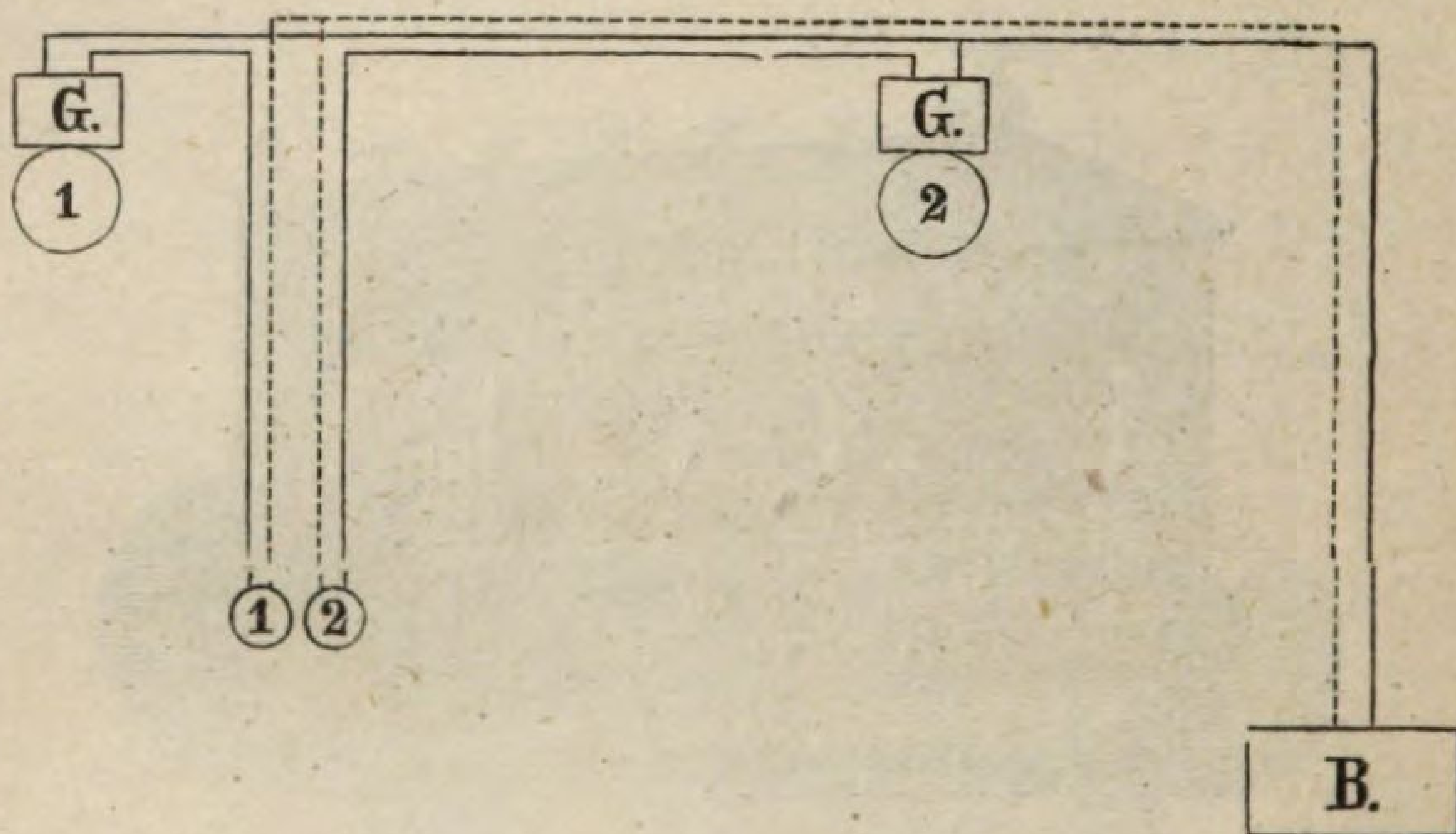


Fig. 77.

Will man, ohne ein Indicatortableau anzuwenden, von ein paar Puncten aus nach einem anderen entfernten Orte hin Signale geben, so kann man sich des in Fig. 78 gegebenen Schemas bei der Legung bedienen. Es wäre nur zu bemerken, daß die bei der Glocke befindliche Person die von beiden Zimmern 1 und 2 gegebenen Signale daran erkennen kann, daß nach einer Vereinbarung die Person im Zimmer Nr. 1 blos ein Signal, die Person im Zimmer Nr. 2 dagegen zwei Signale gibt d. h.

zweimal den Druckknopf niederdrückt. Es lassen sich übrigens in dieser Hinsicht die mannichfaltigsten Zeichen vereinbaren.

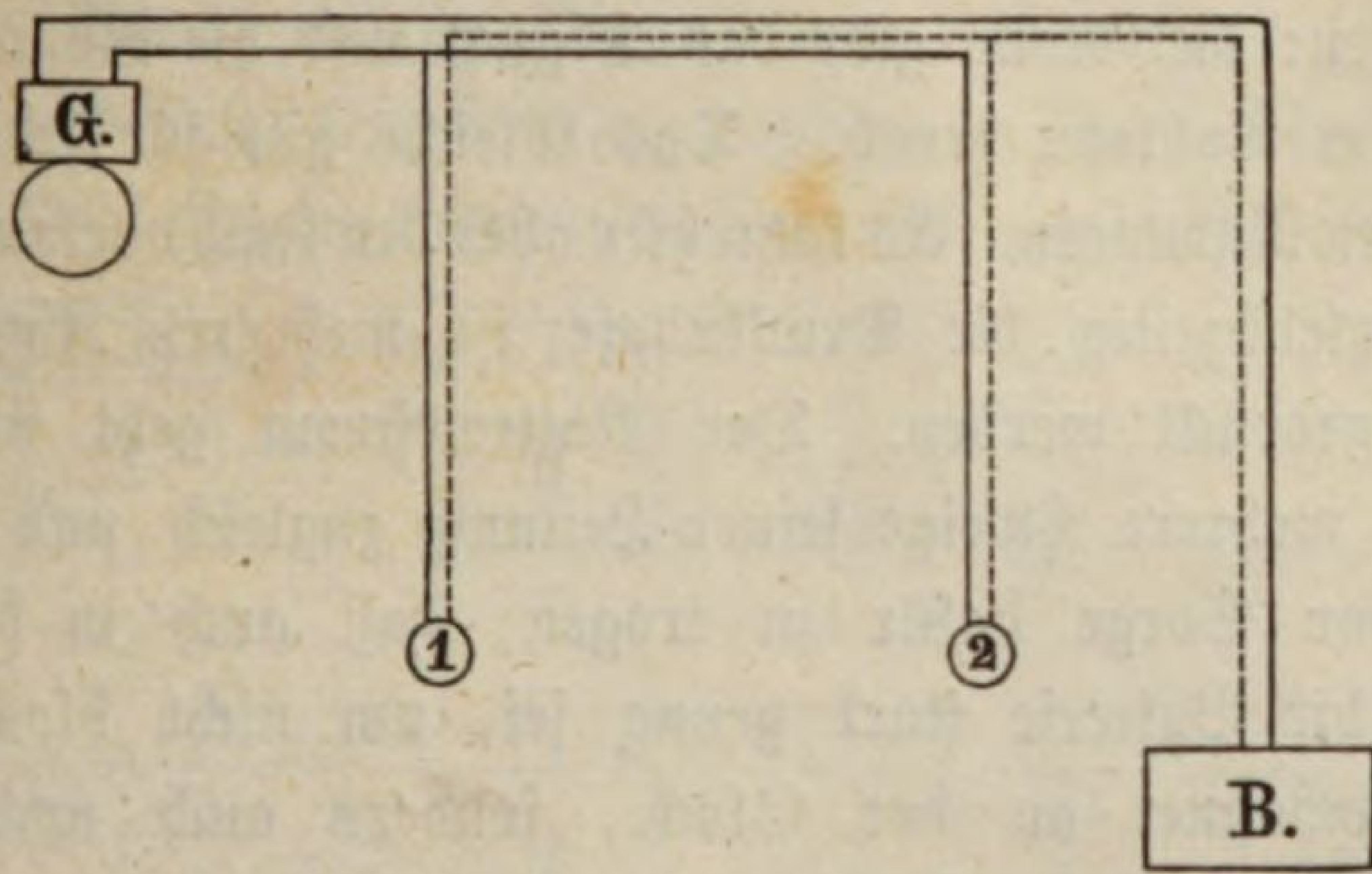


Fig. 78.

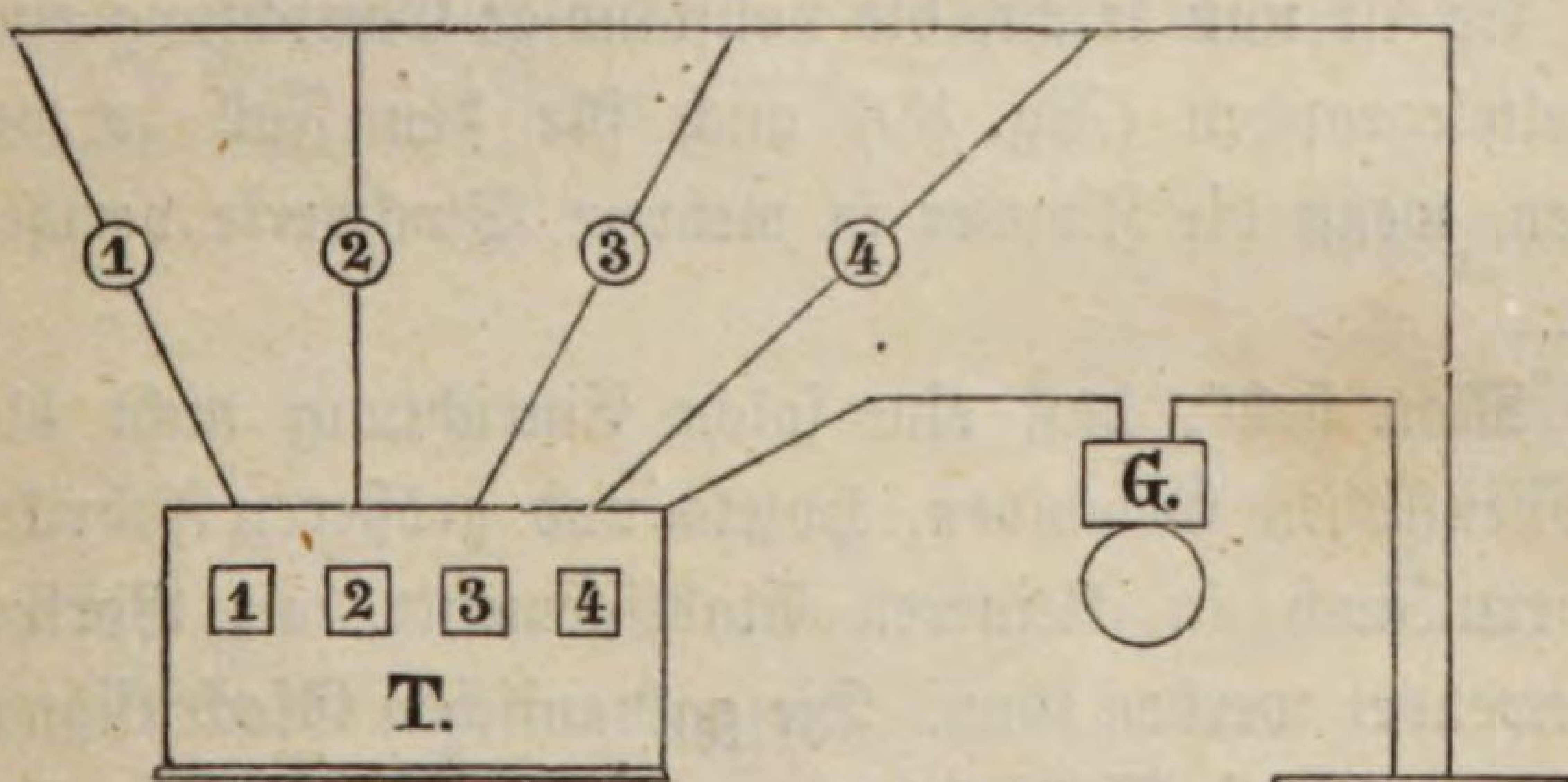


Fig. 79.

Will man aber ein Indicatortableau für diesen Fall in Anwendung bringen, so kann man die Legung nach dem Schema Fig. 79 ausführen. Drückt man nun z. B.

den Druckknopf im Zimmer Nr. 3, so wird der Schließungskreis nicht blos für die Glocke G, sondern auch zugleich für den Electromagnet Nr. 3 im Tableau geschlossen: die Glocke gibt das Signal und die Nummer 3 fällt im Tableau herab. Das Gleiche gilt für jede der anderen Nummern. Es kann hier aber der Fall vorkommen, daß gleichzeitig die Druckknöpfe in mehreren Zimmern niedergedrückt werden. Der Batteriestrom geht sodann durch mehrere Zweige seiner Leitung zugleich und man hat nur Sorge dafür zu tragen, daß auch in diesem Falle die Batterie stark genug sei, um nicht blos den Electromagnet an der Glocke, sondern auch noch die Electromagnete im Tableau hinreichend stark magnetisch zu machen, so daß sie den zugehörigen Mechanismus in Wirksamkeit versetzen können.

Es ist nun leicht, die vollständige Einrichtung eines Hoteltelegraphen (Fig. 80) auch für den Fall zu verstehen, wenn die Zimmer in mehrere Stockwerke vertheilt sind.

Man sieht, daß eine solche Einrichtung nicht blos in öffentlichen Gebäuden, Hotels und größeren Fabriken, sondern auch in kleineren Etablissements mit Vortheil angewendet werden kann. Die galvanischen Glockensignale besitzen nicht die Mißstände der mechanischen Glockenzüge, sie stehen im Preise niedriger und es ist vor Allem hervorzuheben, daß, vorausgesetzt daß die Batterie in Ordnung gehalten wird, was übrigens gar keine besondere Mühe erfordert, und keine muthwillige Verletzung der Apparate vorkommt, daß dann die durch dieselben erreichte Sicherheit eine unfehlbare zu nennen ist.

In ausgedehnteren Etablissements ist es häufig erwünscht, wenn man nach gewissen Orten hin nicht blos Glockensignale geben, sondern eine vollständige, telegraphische Correspondenz führen kann. **Breguet** hat zu diesem Behufe seinem Zeigerapparate, den wir oben (Seite 137 ff.) beschrieben haben, eine ungemein compen-

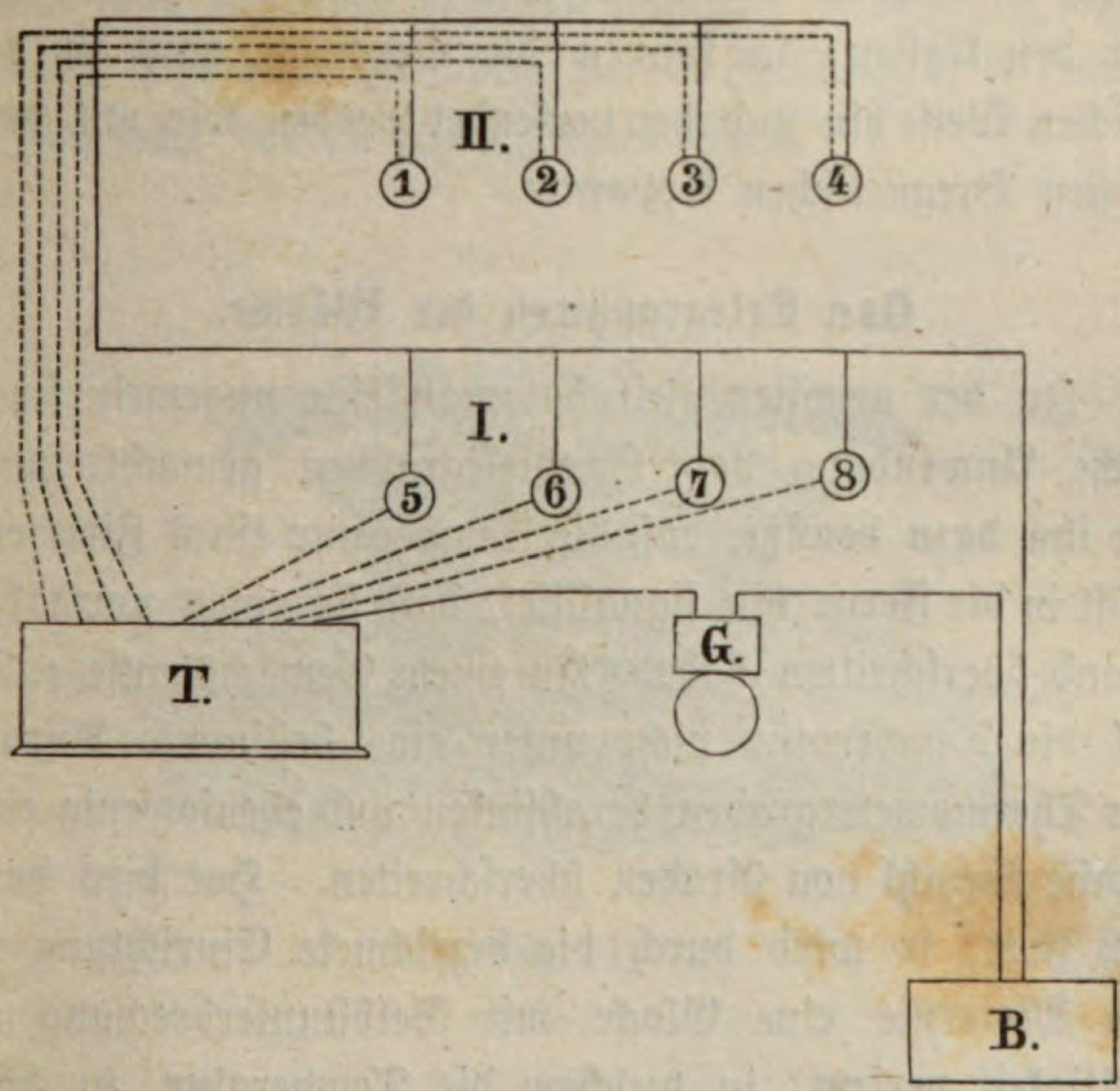


Fig. 80.

diöse Form gegeben. In einem Mahagonykästchen von kaum einem Cubikfuß Größe befinden sich der Manipulator, der Receptor und eine Weckerglocke mit Selbstunterbrechung. Man kann das Ganze leicht auf einem gewöhnlichen Schreibtische aufstellen, ohne daß der Platz beeinträchtigt wird. Ein solcher Apparat wird nun an jedem der beiden Orte, zwischen welchen correspondirt

werden soll, aufgestellt. Für gewöhnlich sind die beiden Kästchen geschloßen. Oeffnet man aber an der einen Station das Kästchen und rückt man den Manipulatorhebel um ein Zeichen vorwärts, so wird dadurch die Weckerglocke in dem noch geschlossenen Kasten an der anderen Station in Thätigkeit versetzt. Oeffnet man auch hier den Kasten, so können die Depeschen ganz in der gleichen Weise hin und her versendet werden wie mit dem großen Breguet'schen Apparate.

Das Telegraphiren der Wärme.

In der neuesten Zeit hat man eine ungemein sinnreiche Anwendung vom Haustelegraphen gemacht; man hat ihn dazu benützt, daß die Temperatur eines Zimmers selbst in die Ferne hin signalisirt, daß sie einen normalen Stand überschritten habe. In einem Gewächshause z. B. soll die Temperatur nicht unter eine bestimmte Anzahl von Thermometergraden herabsinken und ebensowenig eine gewisse Anzahl von Graden überschreiten. Hat dies dennoch statt, so wird durch die bezeichnete Einrichtung in dem Momente eine Glocke mit Selbstunterbrechung in Thätigkeit versetzt, in welchem die Temperatur zu hoch oder zu niedrig geworden ist, und der Heizer ist im Stande, dieselbe wieder auf die normale Höhe zurückzuführen.

Um diese Einrichtung zu verstehen, müssen wir uns an die verschiedene Ansdehnung erinnern, welche die einzelnen Körper durch die Wärme erfahren.*)

---

*) Siehe Cazin, Die Wärme, Seite 168.

Nimmt man einen Metallstreifen, welcher aus zwei Streifen verschiedener Metalle (z. B. aus Kupfer und Eisen) zusammengesetzt ist, und erwärmt (Fig. 81) diesen, so krümmt er sich und das Metall, welches die stärkere Ausdehnung besitzt (das Kupfer), bildet die convexe Seite. Läßt man dann den Streifen erkalten, so wird er wieder gerade, setzt man ihn einem starken Froste aus, so krümmt er sich nach der entgegengesetzten Seite.

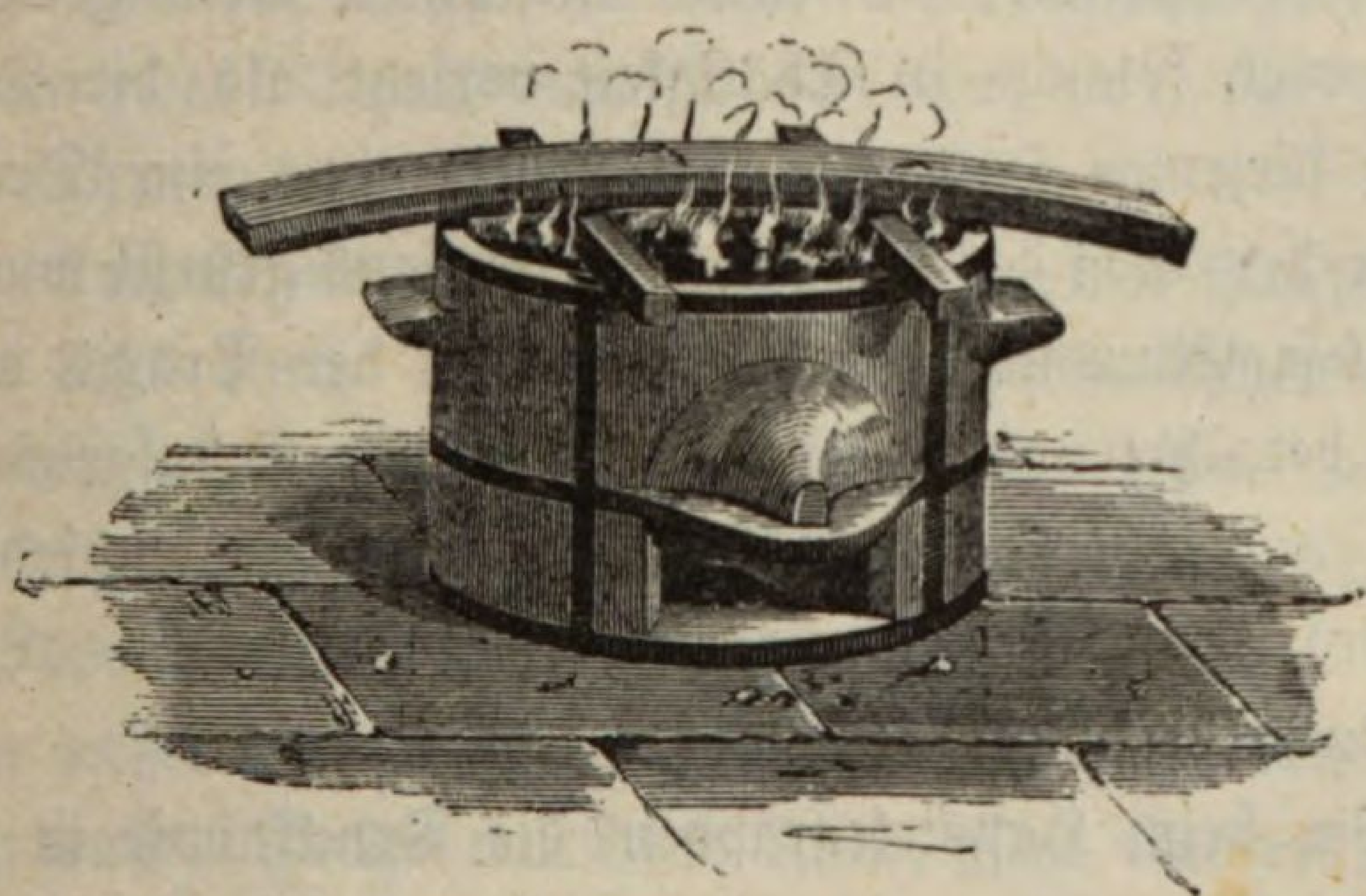


Fig. 81.

Stellen wir nun einen solchen doppelten Metallstreifen in einem Zimmer so auf, daß das eine Ende desselben feststeht, so bewegt sich bei jeder Temperaturänderung das andere Ende hin und her und man kann das Ganze als Thermometer benützen.

Will man ein solches Thermometer zum telegraphischen Signalisiren der Temperatur gebrauchen, so genügt es, dasselbe in den Schließungskreis einer galvani-

schen Batterie, in welchem sich eine Glocke befindet, einzuschalten. Das eine Ende des Schließungsdrahtes wird an dem festen Ende unseres Metällthermometers befestigt, das andere Drahtende wird an die Stelle gebracht, an welcher das freie Ende des thermometrischen Metallstreifens bei einer bestimmten Temperatur ankommt. Hat dieses Ankommen wirklich statt, so wird eine metallische Verbindung zwischen den beiden Enden des offenen Schließungskreises der Batterie hergestellt und die in diesen eingeschaltete, an einem entfernten Orte gelegene Glocke wird solange in Thätigkeit versetzt als die Temperatur diejenige Höhe hat, an welcher das eine Drahtende in den Weg des Thermometerstreifens gestellt wurde.

Diese Einrichtung hat sich nun in der Praxis vollständig bewährt und ist für Gewächshäuser, Schulgebäude, Hotels und überhaupt größere Gebäude zu empfehlen, besonders wenn sie eine gemeinsame Heizung — Luft- oder Dampfheizung — besitzen.

Wie beim Haustelegraphen die Druckknöpfe in den einzelnen Zimmern angebracht wurden, wird hier in jedem Zimmer ein Metallthermometer aufgehängt. Zwei verschiebbare Knöpfe können beliebig an verschiedenen Puncten festgestellt werden, welche die höchste und die niedrigste Temperatur bezeichnen, die nicht überschritten werden sollen. Hat ein Ueberschreiten der einen oder andern dieser Grenzen dennoch statt, so legt sich der Metallstreifen des Thermometers an den Knopf, schließt den Strom und eine beim Heizer befindliche Glocke mit Selbstunterbrechung zeigt demselben an, in welcher Weise er die Wärme zu reguliren habe. Sind mehrere Zimmer

in dieser Weise zu reguliren, so wird ein Indicatortableau ebenso wie beim Haustelegraphen eingeschaltet.

Der Telephon von Reis.

Im Jahre 1837 machte der amerikanische Professor Page die Entdeckung, daß ein musikalischer Ton entsteht, wenn man die Pole eines starken Magneten einer Drahtspirale, welche von einem galvanischen Strom durchflossen wird, nähert, und in dieser den Strom abwechselnd unterbricht und wieder schließt. Später wurde das galvanische Tönen des Eisens von Marrian, de la Rive, Wertheim und Buff weiter studirt.

Umgibt man einen Eisenstab mit einer Drahtspirale und läßt durch diese einen starken galvanischen Strom hindurchgehen, so entsteht bei jedem Schließen und Unterbrechen des Stromkreises ein knarrendes Geräusch. Hat der Eisenstab dabei nur eine geringe Dicke, so nimmt man außer diesem Geräusche noch einen ganz bestimmten Ton wahr. Drähte von Blei, Zinn, Zink, Kupfer, Silber, Platin geben nach den Versuchen von Wertheim keinen Ton.

Diese an dem Eisen beobachtete Thatsache hat nun Reis im Jahre 1861 benützt, um einen Apparat herzustellen, welcher die Töne der menschlichen Stimme oder einer Orgelpfeife in die Ferne gleichsam telegraphirt und den er Telephon genannt hat.

Der Apparat besteht aus einem Tonangeber — entsprechend dem Manipulator — und dem Tonwiedergeber, welcher die Rolle des Receptors beim Telegraphen vertritt.

Der Tonangeber ist im Wesentlichen eine thierische Membran, welche in der Mitte ein Platinplättchen trägt. Wird die Membran in Schwingungen versetzt, so wird durch das Hin- und Hergehen derselben das Platinplättchen dazu benützt, den Schließungskreis eines galvanischen Stromes sehr rasch nach einander zu öffnen und zu schließen. In diesen Schließungskreis ist in größerer Entfernung der Tonwiedergeber eingeschaltet. Derselbe besteht aus einem Resonanzboden, auf dem eine dünne Stricknadel aufgesetzt ist. Um die Nadel herum gehen die Spiralwindungen eines übersponnenen Kupferdrahtes, welcher einen Theil des Schließungskreises der Batterie bildet.

Wird nun die Membran durch Ansprechen eines kräftigen Tones oder noch besser durch Anblasen mit einer Orgelpfeife in Schwingungen versetzt, so entsteht durch das von ihr bewirkte Oeffnen und Schließen des Stromes in der entfernten eisernen Stricknadel neben dem oben bezeichneten knarrenden Geräusche ein ganz deutlich wahrnehmbarer Ton und zwar konnte Reis auf eine Entfernung von 300 Fuß alle Töne von F bis $\overline{\overline{f}}$ auf solche Weise reproduciren.

Wenn dieses Experiment auch bis jetzt noch keine practische Verwerthung gefunden hat, so ist es doch gewiß nicht uninteressant zu beobachten, wie der menschliche Geist versucht hat, sich die Wirkungen des galvanischen Stromes nach den verschiedensten Richtungen hin nutzbar zu machen.

6. Inductionsströme und Inductionsapparate.

Nachdem Oersted in Kopenhagen seine denkwürdigen Versuche gemacht hatte, womit er die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom entdeckte, unternahm es Ampère die gegenseitigen Einwirkungen von electrischen Strömen und Magneten näher zu studiren.

Die vereinzelte Thatsache, welche der dänische Physiker aufgefunden hatte, genügte Ampère, um zahlreiche Folgerungen daraus zu ziehen; sechs Monate reichten für ihn hin, um die Grundlage zur Lehre vom Electromagnetismus festzulegen und so eine reiche Ausbeute für die Telegraphie und viele andere Anwendungen des galvanischen Stromes zu ermöglichen. Gestützt auf seine theoretischen Anschauungen ahnte Ampère die Induction; allein die nach dieser Richtung hin von ihm angestellten Versuche führten nicht zum Ziele und er mußte den Ruhm dieser Entdeckung dem großen englischen Forscher Faraday überlassen, der im Jahre 1832 die Beobachtung machte, daß wenn man dem Schließungskreise einer Batterie rasch einen anderen geschlossenen Leiter, der von keinem Strome durchflossen wird, nähert, in letzterem ein

momentaner galvanischer Strom circulirt. Bei dieser ersten Beobachtung blieb jedoch ein Forscher wie Faraday nicht stehen; er setzte vielmehr seine Studien fort, bis es ihm gelang, auch die übrigen Fundamentalerscheinungen aufzufinden.

Entfernt man den vom Strome durchflossenen Schließungskreis vom anderen Drahtkreise, so zeigt sich dieselbe Erscheinung; bleiben dagegen beide Drähte in dem gleichen Abstande von einander, so wird kein Strom erzeugt. Eine merkwürdige Wahrnehmung war auch noch die, daß, wenn Faraday anstatt des vom Strome durchflossenen Drahtes — wir wollen ihn den Hauptdraht nennen — dem anderen, der analog der Nebendraht heißen möge, einen Magnetpol näherte oder davon entfernte, daß er dann wieder einen momentanen Strom im Nebendrahte erhielt.

Man kann also blos durch einfache mechanische Bewegung eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes oder eines Magneten einen inducirten Strom hervorrufen, der, wenn er auch blos von ungemein kurzer Dauer ist, doch unter Umständen sehr kräftig werden kann. Schon Ampère hat deshalb die Magnete den Strömen gleichgestellt und angenommen, daß die Magnete eben Körper seien, welche beständig von galvanischen Strömen umflossen werden.

Wenn wir auch hier nicht näher untersuchen wollen, in wie weit die Ampère'sche Ansicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt, soviel ist jedenfalls als höchst wahrscheinlich anzunehmen, daß Magnetismus, Electricität und der galvanische Strom blos als verschiedene Aeußerungen

einer gemeinsamen Kraftquelle angesehen werden müssen. Wir wollen uns übrigens nicht weiter auf das Gebiet der Hypothese wagen! Folgerungen ziehen ist weit leichter als dieselben durch die experimentelle Thatsache Schritt für Schritt zu beweisen. Bleibt es doch immer die erste Aufgabe physikalischer Forschung, der Natur ihre Geheimnisse auf dem Wege der Induction — der Erfahrung — abzulocken.

Um einen inducirten Strom mit Sicherheit zu erhalten, stellt man sich sogenannte Inductionsrollen her. Man nimmt eine hohle Rolle von Holz und windet auf dieselbe eine große Länge eines mit Seide gut isolirten Kupferdrahtes auf. Ueber diese Rolle paßt man eine zweite, auf welche noch eine größere Länge eines ganz feinen, wiederum gut mit Seide besponnenen Kupferdrahtes aufgewunden ist.

Die erste, kleinere Rolle verbinden wir mit einer galvanischen Batterie (Fig. 82), wir wollen sie die Hauptspirale nennen. Die zweite Rolle, die wir entsprechend die Nebenspirale heißen wollen, verbinden wir mit einem empfindlichen Multiplicator.

Stecken wir die beiden Rollen ineinander, und schließen jetzt erst den Strom der Hauptspirale, so zeigt in demselben Momente die Multiplicatornadel einen Strom an, kehrt aber nach wenigen Schwingungen in ihre Ruhelage zurück. Ganz ebenso beobachten wir eine Ablenkung der Multiplicatornadel in dem Momente, wo wir den Strom der Hauptspirale unterbrechen. Wurde

die Nadel beim Schließen des Stromes nach rechts abgelenkt, so hat dagegen beim Oeffnen des Stromes eine Ablenkung der Nadel nach links statt; wir haben also Ströme von unendlich kurzer Dauer und von entgegengesetzter Richtung. Untersuchen wir mit Zuhilfenahme der Ampère'schen Regel, die wir Seite 106 kennen gelernt haben, die Richtung, in welcher der inducirte Strom

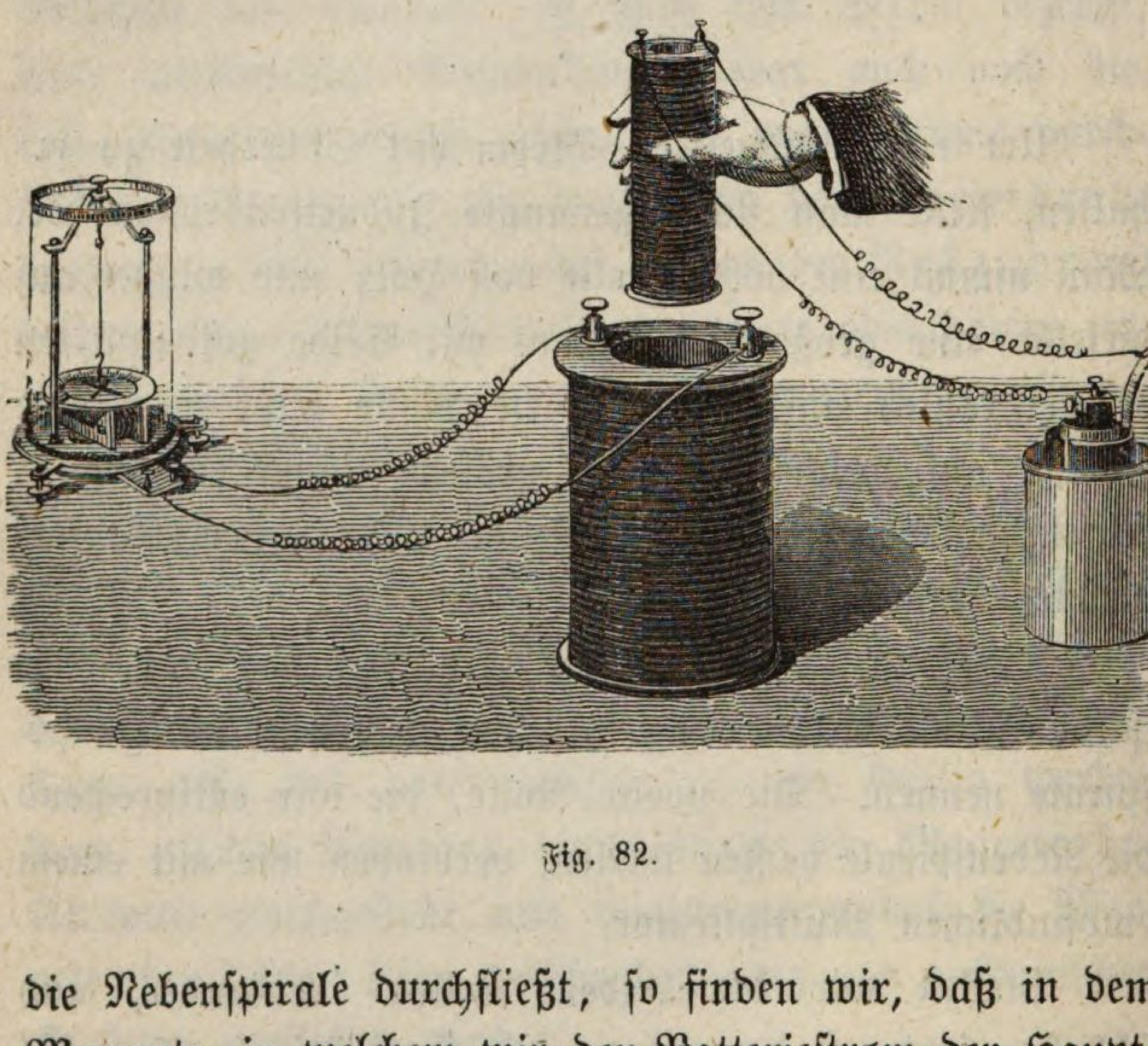


Fig. 82.

die Nebenspirale durchfließt, so finden wir, daß in dem Momente, in welchem wir den Batteriestrom der Hauptspirale schließen, in der Nebenspirale ein Strom von entgegengesetzter Richtung inducirt wird. Oeffnen wir dagegen den Strom in der Hauptspirale, so durchfließt die Nebenspirale ein inducirter Strom von der gleichen Richtung, wie sie der Hauptstrom besitzt.

Schalten wir jetzt die Hauptspirale fest in die Batterie ein und stecken wir sie rasch in die Nebenspirale, so beobachten wir am Multiplicator einen inducirten Strom von entgegengesetzter Richtung. Ziehen wir die Hauptspirale rasch aus der Nebenspirale heraus, so zeigt uns die Multiplicatornadel einen gleich gerichteten Strom an.

Ein Annähern des Hauptdrahtes entspricht also dem Schließen der Batterie d. h. dem Entstehen des Hauptstromes — wir haben einen inducirten Strom von entgegengesetzter Richtung.

Ebenso kommt ein Entfernen der Hauptspirale dem Oeffnen der Batterie und damit dem Verschwinden des Hauptstromes gleich: der inducirte Strom hat die gleiche Richtung wie der Hauptstrom.

Die betrachteten Inductionsströme werden beträchtlich verstärkt, wenn wir im Innern der Hauptspirale, wie dies die Figur zeigt, einen hohlen Raum lassen und denselben mit einem Bündel dünner, gut ausgeglühter Eisendrähte ausfüllen.

Nehmen wir nun die größere unserer Inductionsspiralen, die Nebenspirale, und verbinden wir sie wieder mit einem empfindlichen Multiplicator, so zeigt uns die Nadel desselben einen Inductionsstrom an (Fig. 83), sobald wir einen Magnetpol in die Drahtrolle bringen; entfernen wir den Magnetpol, so erfährt die Multiplicatornadel gleichfalls eine Ablenkung, die uns einen dem vorigen entgegengesetzt gerichteten Inductionsstrom erkennen läßt.

Hatten wir bisher den Nordpol des Magneten der Inductionsspirale genähert und wiederholen wir jetzt

unsere Versuche mit dem Südpole, so beobachten wir die gleichen Erscheinungen, nur sind die Richtungen der Inductionsströme gerade die entgegengesetzten wie zuvor geworden. Hatte nämlich der Nordpol beim Annähern einen Strom inducirt, der eine Ablenkung nach rechts an der Multiplicatornadel zur Folge hatte, so erhalten wir beim Annähern des Südpoles eine Ablenkung nach links. Analog beim Entfernen des Magnetpoles. Erzeugte der

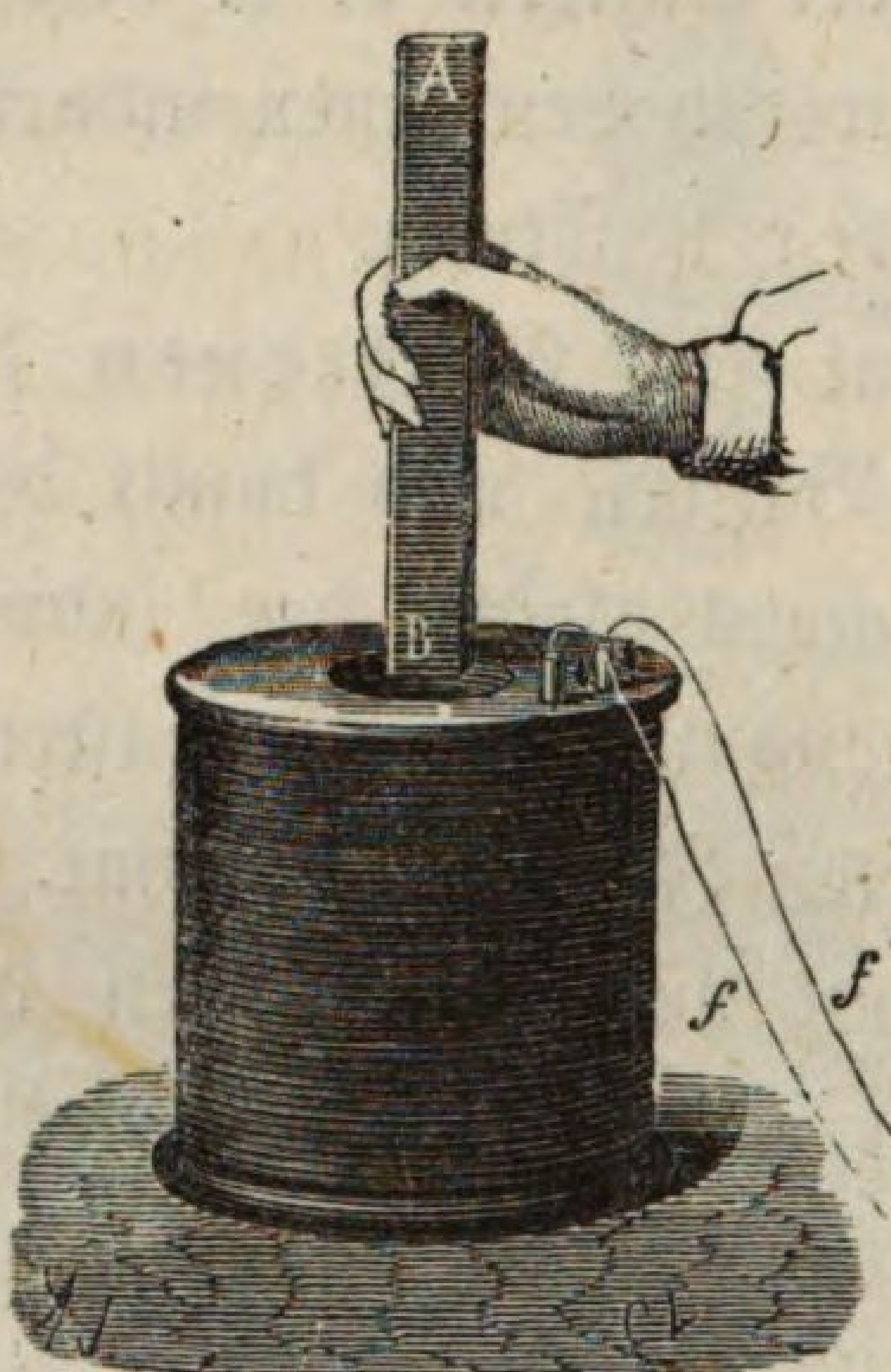


Fig. 83.

Nordpol beim Entfernen einen Inductionsstrom mit Ablenkung links, so ist die Ablenkung, die man beim Entfernen des Südpoles erhält, nach rechts gerichtet.

Schließen wir nach der Ampère'schen Regel auf die Richtungen zurück, in welchen die eben betrachteten Inductionsströme den Draht durchfließen, so finden wir, daß der Südpol eines Magneten denselben Inductionsstrom zur Folge hat wie ein Batteriestrom, welcher den

Pol in der Richtung des Zeigers einer Uhr umkreist. Der Nordpol dagegen hat die gleiche Inductionswirkung wie ein Batteriestrom, der um diesen Pol des Magneten in der Richtung von rechts nach links also gegen die Bewegung des Uhrzeigers herumgeht.

Der Rühmkorff'sche Inductionsapparat.

Die angeführten Fundamentalversuche reichen hin, um die eigentlichen Inductionsapparate zu verstehen. Je nachdem hiebei die inducirten Ströme durch einen Batteriestrom oder durch einen Magneten hervorgerufen werden, haben wir zwei Klassen derselben zu unterscheiden: die electromagnetischen und die magnetelectrischen Inductionsapparate.

Im Jahre 1855 wurde in Frankreich ein Preis von 50000 Franken für die Erfindung der kräftigsten und zweckmäßigsten Electrisirmaschine ausgesetzt; beabsichtigt hatte man dabei, zur nähern Untersuchung der Frage über die Anwendbarkeit der Electricität als Triebkraft aufzumuntern. Der Preis war auf fünf Jahre ausgesetzt; allein im Jahre 1860 fand man, daß keine Maschine den Erwartungen entsprach. Der Preis wurde nicht ausgetheilt und der Termin auf weitere fünf Jahre verlängert.

Im Jahre 1865 war keine neue Maschine erfunden; die enormen Wirkungen jedoch, welche Rühmkorff, ein deutscher Mechaniker in Paris, mit seinen electromagnetischen Inductionsapparaten erzielte, veranlaßten die Commission, diesem den Preis von 50000 Franken zuzuerkennen, obwohl der Apparat im Wesentlichen bereits

im Jahre 1851 construirt war und später nur noch in seinen Dimensionen vergrößert und in einigen Details weiter vervollkommnet wurde.

Der Rühmkorff'sche Apparat (Fig. 84.) besteht aus einem hohlen Cylinder aus Pappe, auf welchen ein ziemlich dicker Draht gewunden ist. Dieser dicke und kurze Draht, welcher als inducirender (Haupt-) Draht vom Strome der Batterie durchflossen wird, geht nur in einer einzigen Lage von Windungen um den Cylinder herum und seine Enden laufen in zwei auf dem Bodenbrette des Apparates befindliche Metallklemmen aus.

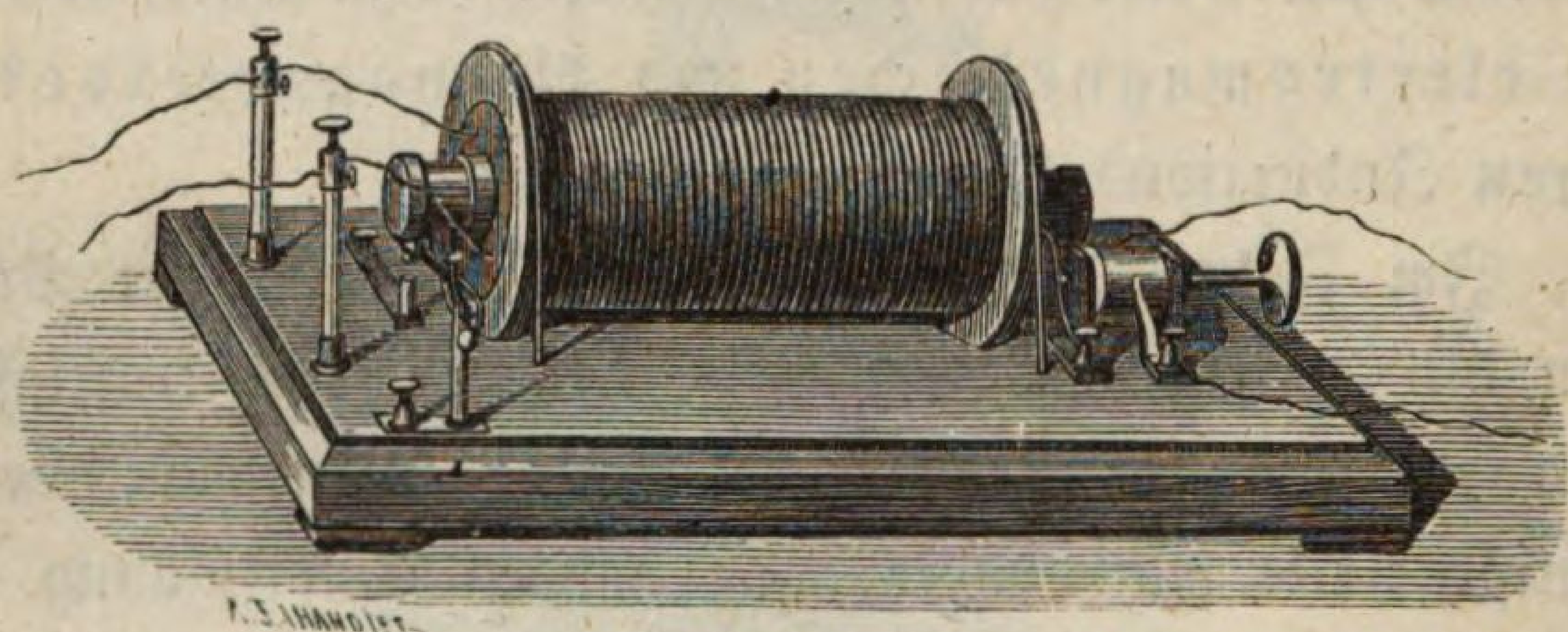


Fig. 84.

Um diesen ersten Draht ist ein zweiter, ganz feiner, aber sehr langer Draht gewunden; bei den älteren Apparaten hatte derselbe eine Länge von 8 bis 10 Kilometern, gegenwärtig beträgt seine Länge 50 bis 60 Kilometer. Der Draht macht dabei eine ungemein große Anzahl von Umwindungen und endigt in zwei Metallklemmen, welche durch Glasstäbe isolirt sind. Dieser feine Draht bildet den Nebendraht; in ihm entstehen die Inductionsströme.

Jeder der beiden Kupferdrähte ist mit großer Sorg-

falt isolirt und der Nebendraht zu diesem Zwecke noch besonders mit einem isolirenden Firniß überzogen, damit bei der plötzlichen Erregung sehr starker Ströme nicht Funken zwischen den einzelnen Windungen oder auch nach außen überschlagen können.

In das Innere des hohlen Cylinders von Pappe ist ein Bündel gut ausgeglühter Eisendrähte geschoben, wodurch, wie wir bereits gesehen haben, die Inductionswirkungen noch bedeutend verstärkt werden. Die ganze Drahtrolle wird von zwei starken Glasplatten begrenzt, die auf dem Bodenbrette des Apparates befestigt sind.

Das Bodenbrett selbst aber bildet eigentlich ein Kästchen, in welchem sich noch ein besonderer Apparat befindet, der Condensator von Fizeau, der weiter nichts ist als eine Franklin'sche Tafel von sehr großer Oberfläche. Auf beiden Seiten eines mehrere Meter langen gut isolirenden Streifens von Wachstaffet sind bis auf einen entsprechend breiten Rand Stanniolfolien aufgeklebt und das Ganze in geeigneter Weise zusammengefaltet. Schaltet man die beiden Stanniolflächen in die Enden des Hauptdrahtes ein, so werden die Wirkungen des Apparates wesentlich erhöht.

Um mit einem so eingerichteten Apparate die Wirkungen der Inductionsströme studiren zu können, genügt es nicht dieselben durch ein einmaliges Schließen oder Oeffnen des Hauptstromes zur Entstehung zu bringen; man muß dies öfters und sehr rasch wiederholen. Der Apparat ist zu diesem Behufe mit einer besonderen Vorrichtung, dem Wagner'schen Hammer, versehen, bei welchem der Hauptstrom sich selbst öffnet und schließt ganz

in der Weise wie wir es bei der selbstunterbrechenden telegraphischen Glocke kennen gelernt haben.

Am einen Ende der Inductionsrolle gehen nämlich die Eisendrähte durch die Glasplatte heraus und sind mit einer Kappe von weichem Eisen versehen. Darunter befindet sich ein gleichfalls aus weichem Eisen bestehender kleiner Hammer, dessen Stiel mit dem einen Ende des inducirenden Hauptdrahtes in Verbindung steht, während die Unterlage, auf welcher der Hammer aufliegt, mit einem Pole der Batterie verbunden wird. Solange der Hammer auf seiner Unterlage aufruht, geht der Strom durch den inducirenden Draht, bringt die Inductionswirkungen hervor und macht das Eisendrahtbündel im Innern der Rolle magnetisch.

Dadurch wird der Hammer angezogen, in die Höhe gehoben, und von seiner Unterlage getrennt. Sogleich hört der Strom auf zu circuliren, das weiche Eisen wird unmagnetisch, der Hammer fällt herab und der Strom kann wieder durch den Hauptdraht hindurchfließen. So wiederholt es sich nun beständig fort und der Hammer befindet sich in einer sehr raschen hin- und hergehenden Bewegung; wird er gehoben, so ist der Strom im Hauptdrahte unterbrochen, fällt er nieder, so wird dieser Strom wieder geschlossen. Folgen die Unterbrechungen rasch aufeinander, so werden auch die inducirten Ströme in sehr kurzen Zeitintervallen aufeinander folgen und sich in ihren Wirkungen wie continuirliche Ströme verhalten.

Dieser Selbstunterbrecher hat auch noch den Vortheil, daß er sich nach Belieben reguliren läßt. Je nachdem man die Unterlage des Hammers höher oder tiefer

stellt, erhält man ein rascheres oder langsameres Hin- und Hergehen des Hammers.

Bei den großen Apparaten, wie sie Rühmkorff gegenwärtig ausführt, ist jedoch diese Unterbrechungsvorrichtung durch eine andere ersetzt, welche als ein kleiner Apparat für sich neben der Inductionsrolle aufgestellt wird. Diese Vorrichtung besteht im Wesentlichen aus einem mit einem Gegengewichte versehenen Stifte, der in oscillirende Bewegung versetzt wird. Je nachdem man das Gegengewicht hebt oder senkt, sind die Oscillationen rascher oder langsamer Bei jeder Oscillation schließt der Stift den Strom und öffnet ihn sogleich wieder, so daß man die nämlichen Wirkungen wie mit dem Hammer erhält. Um diese Oscillationsbewegung zu unterhalten, bedarf man einer besonderen Batterie, die übrigens blos aus zwei Elementen besteht.

Die Größe der Wirkungen, welche man mit der Inductionsrolle erhält, hängt von der Stärke des inducirenden Stromes ab. Derselbe darf nicht zu schwach sein, denn sonst werden auch die Wirkungen nur schwach; er darf aber auch nicht zu stark sein, weil dann der Fall vorkommt, daß der feine Draht in der Nebenspirale durch den hindurchgehenden Strom selbst zerstört wird. Gewöhnlich nimmt man bei den großen Rühmkorff'schen Apparaten 15 bis 20 Bunsen'sche Elemente und der durch diese erzeugte Strom ist also der inducirende Strom.

Läßt man durch die beiden Klemmen A und B (Fig. 85), welche die Enden der Nebenspirale bilden, in analoger Weise wie bei der Influenzelectrisirmaschine verschiebbare Metallelectroden gehen, so kann man mit

der Rühmkorff'schen Inductionsrolle die gleichen Wirkungen hervorbringen, welche uns die electrische Entladung ergeben hat.

Sobald man den Hauptstrom schließt und den Selbst-

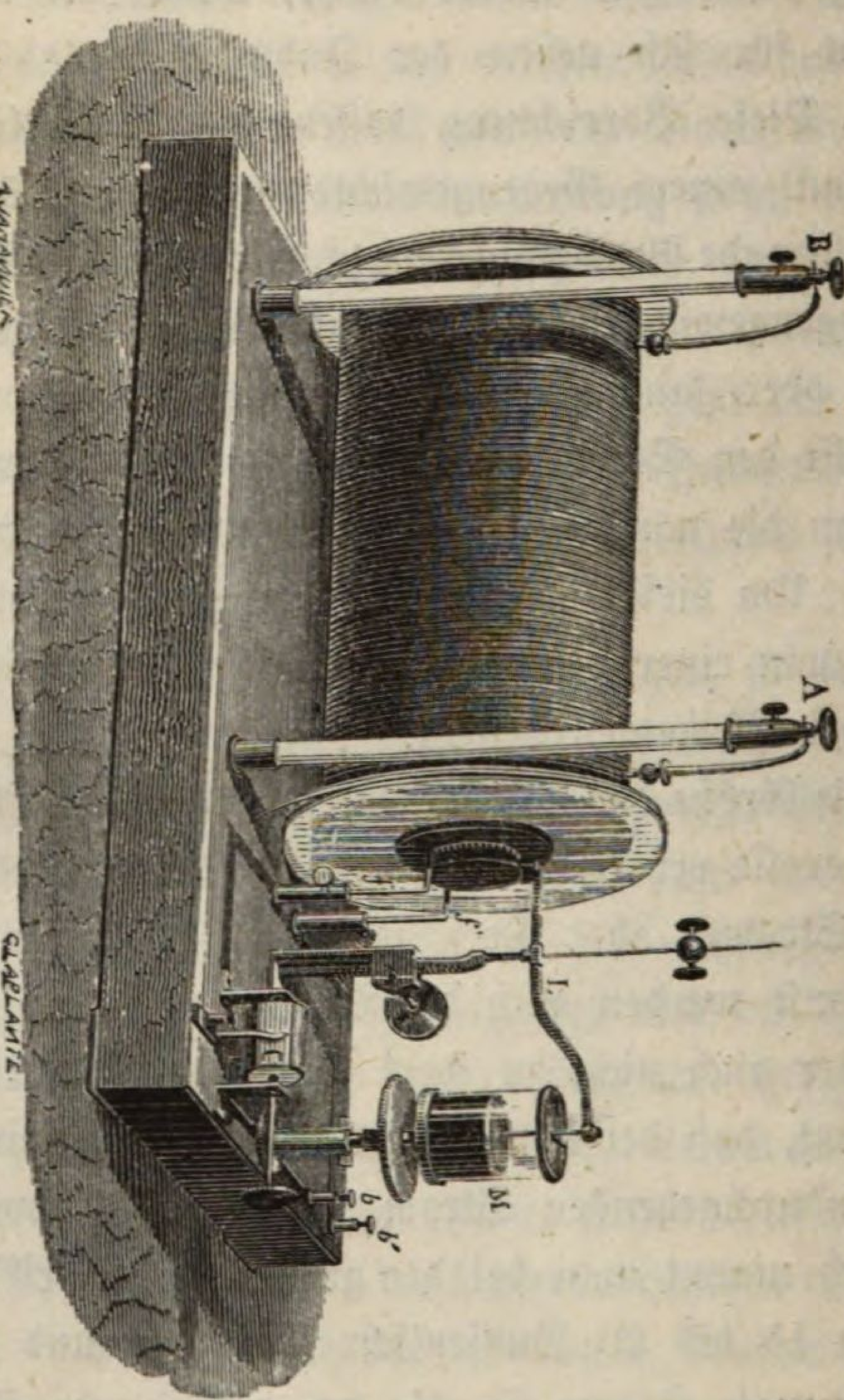


Fig. 85.

unterbrecher in Thätigkeit versetzt, springen zwischen den Electroden in rascher Aufeinanderfolge sehr intensive Funken über, die bei den großen Apparaten eine Länge von 50 bis 60 Centimeter und selbst darüber erreichen.

Diese Funken sind von einem scharfen Knalle begleitet wie die Funken der Electrisirmaschinen und wir haben auch hier einen Apparat, der uns Blitz und Donner künstlich nachzuahmen gestattet.

Bestreicht man einen Papierstreifen mit einer Gummilösung und streut Messingfeilspäne darauf, hängt man dann diesen Papierstreifen, nachdem er trocken geworden ist, zwischen den Electroden auf, so springt der Funken zwischen den einzelnen Metallkörnern über, allein man erhält im Ganzen den Eindruck eines einzigen gewaltigen Blitzes. Man hat auf solche Weise Funken bis zu 5 Meter Länge hergestellt.

Der Blitz schmilzt Metalldrähte wie z. B. die Glockenzugleitungen ꝛc., der Inductionsfunken kann gleichfalls dünne Drähte schmelzen und verflüchtigen. Er zeichnet dann, wenn man ein Blatt Papier darunterhält, auf dieses eine schwarze oder braune Spur, je nachdem der Draht aus Eisen, Kupfer oder Gold bestand. Der Dampf des verflüchtigten Metalles ist es nämlich, der sich auf dem Papiere niederschlägt und die eigenthümlichen verästelten Figuren erzeugt. In analoger Weise hat man bei durch den Blitz geschmolzenen Glockenzugdrähten eine schwarze Spur an der benachbarten Mauer oder Wand wahrgenommen.

Der feine Draht der Nebenspirale des Inductoriums würde nach dem Gesagten von selbst schmelzen, wenn man hinreichend starke Ströme in ihm erzeugen würde. Es ist dies aber auch eine Gefahr, die man bei den Telegraphenleitungen zu beseitigen hat und zwar ganz besonders bei den submarinen Kabeln.

Man hat nämlich in der Telegraphie vielfach versucht, Inductionsströme statt der Batterieströme zu verwenden, da sie gewisse Vortheile bieten würden, allein die angegebene Gefahr hat sich bisher ihrer Anwendung noch hinderlich in den Weg gestellt. Hierin ist wohl auch der Grund zu suchen, warum so viele Kabel sehr bald unbrauchbar wurden und namentlich gilt dies für das transatlantische Kabel vom Jahre 1858, welches schon wenige Tage nachdem es vollständig gelegt war, seine Dienste versagte. Man hat deshalb auch bei dem Kabel vom Jahre 1865 blos einen relativ schwachen Strom in Anwendung gebracht, der übrigens bei der großen Empfindlichkeit des Thomson'schen Reflexgalvanometers vollständig ausreicht.

Auch physiologische Wirkungen haben die Inductionsströme zur Folge und ein großer Rühmkorff'scher Apparat wäre mit Leichtigkeit im Stande, einen Stier zu tödten. Man muß deshalb diese großen Apparate mit der äußersten Vorsicht handhaben, will man nicht an die bereits früher citirten Worte erinnert werden, welche Muschenbroeck, als er den ersten Schlag durch eine Leydener Flasche erhielt, ausrief: „Selbst wenn man mir die Krone Frankreichs anböte, möchte ich nicht noch einen solchen Schlag ertragen."

Der Blitz ist im Stande, Gegenstände, die er auf seinem Wege trifft, gänzlich zu zertrümmern; aber auch der Inductionsfunken ist von nicht geringen mechanischen Wirkungen begleitet. Stellt man zwischen den beiden Electroden eines großen Inductionsapparates einen Glaswürfel von der Größe der Fig. 86 auf und läßt

den Funken durch denselben hindurchschlagen, so wird das Glas vollständig durchbohrt und eine Menge von Rissen zeigt den Durchgang des Funkens an.

Stellt man in einem Gläsgefäße mittelst einer Luftpumpe einen ziemlich luftleeren Raum her und läßt man durch denselben den Inductionsfunken schlagen, so zeigt sich eine prachtvolle Lichterscheinung. Man studirt diese Erscheinung gegenwärtig an den Geißler'schen Röhren, deren wir bereits bei einer früheren Gelegenheit Er-

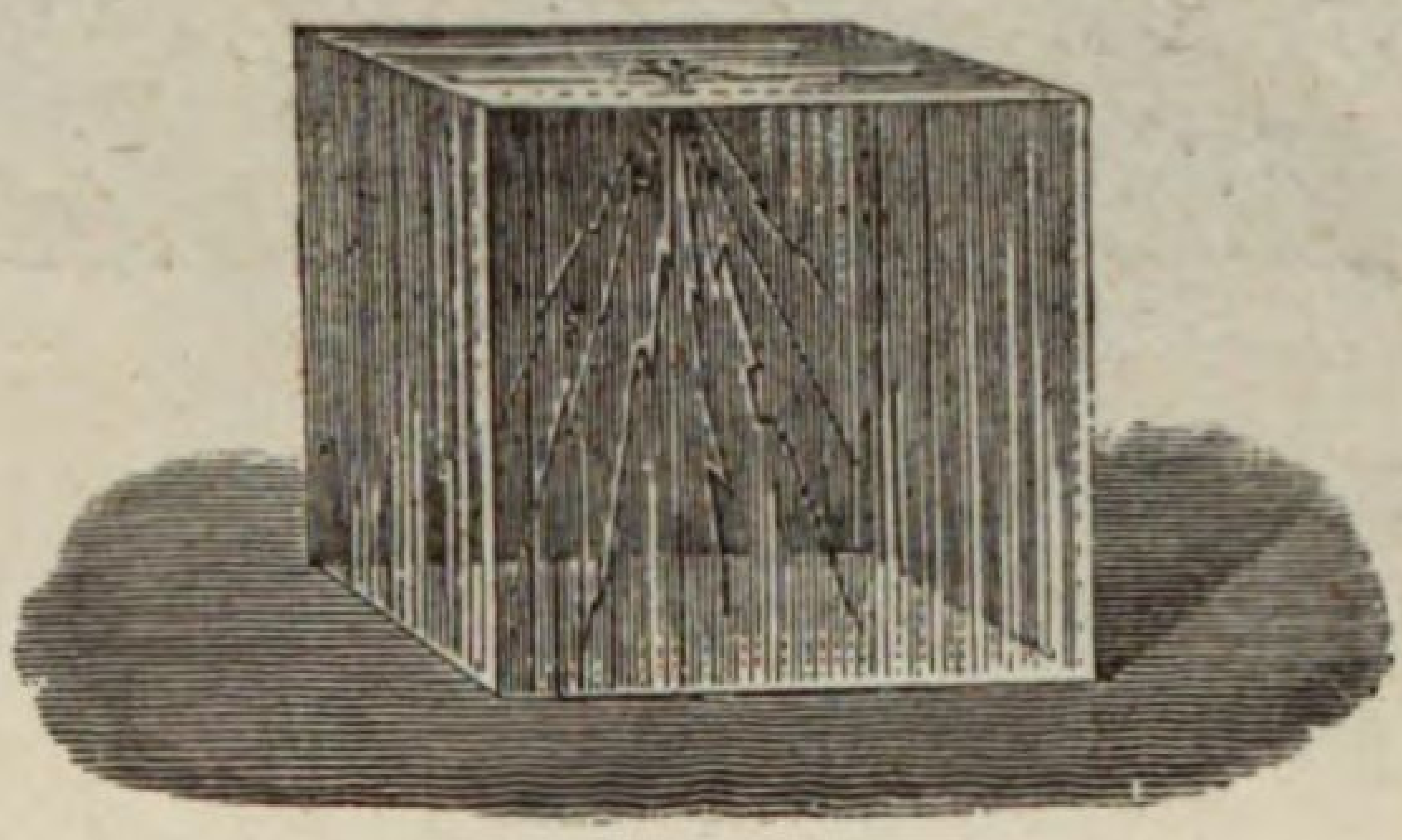


Fig. 86.

wähnung gethan haben. An der negativen Electrode beobachtet man ein tiefblaues Licht, während von der positiven Electrode ein purpurrother Lichtschein ausströmt, der fast bis zur negativen Electrode reicht und von einer Reihe paralleler, dunkler Streifen transversal durchzogen wird (Fig. 87).

Bringt man anstatt der verdünnten Luft ein anderes verdünntes Gas in die Glasröhre, so zeigen sich andere Farbenerscheinungen an der positiven Electrode. So ist sie im Quecksilberdampf weißlichgrau, im Wasserstoffgas purpurroth 2c.

Man kann mit diesen Geißler'schen Röhren auch optische Studien verbinden und hat namentlich die Spec-

tren verdünnter Gase, sowie die Phosphorescenz- und Fluorescenz-Erscheinungen bisher näher untersucht; wir

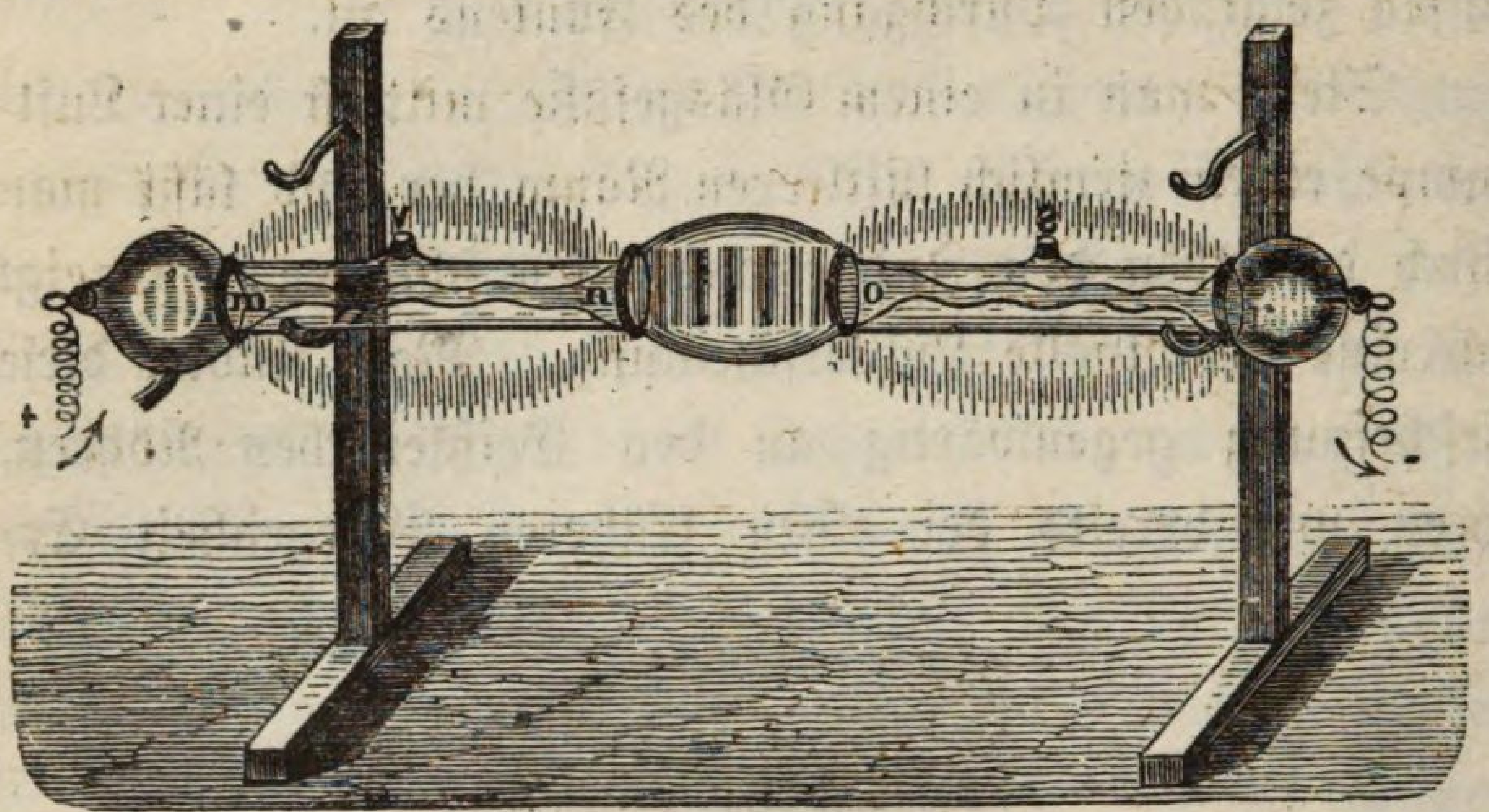


Fig. 87.

übergehen jedoch das darauf Bezügliche als in die Lehre vom Lichte gehörig.*)

Die Rühmkorff'sche Inductionsrolle ist nicht etwa blos ein Apparat von hohem wissenschaftlichen Interesse, sie hat auch bereits mannichfache practische Anwendungen gefunden. So wurde sie zur Beleuchtung in Steinkohlenbergwerken und auch für die Arbeiten der Taucher am Meeresgrunde verwendet.

In den Schachten der Kohlenbergwerke bildet sich nämlich ein gefährliches, aus Kohlenstoff und Wasser-

*) Siehe Pisko Licht und Farbe. II. Band der Naturkräfte.

stoff zusammengesetztes Gas, das von den Bergleuten das schlagende Wetter genannt wird und welches, wenn es mit einer Flamme in Berührung kommt, eine schreckliche Explosion zur Folge hat, wodurch schon viele Schachte gänzlich zerstört und eine Menge von Arbeitern in der Tiefe begraben wurden.

Der englische Gelehrte Davy hat das Verdienst, durch die nach ihm benannte Sicherheitslampe*) die Gefahren einer solchen Catastrophe beträchtlich vermindert zu haben; allein trotzdem rechnet man, daß allein in England jährlich noch immer mehrere Tausend Menschen auf diese bedauernswerthe Weise ihren Tod finden.

Rühmkorff hat deshalb eine Lampe angegeben, bei welcher eine mit einem Inductionsapparate verbundene Geißler'sche Röhre die Lichtquelle bildet. Eine sehr feine Glasröhre ist in vielen Windungen spiralförmig gewunden und, nachdem die Luft aus ihr fast völlig ausgepumpt wurde, an den mit Platindrähten versehenen Enden zugeschmolzen. Durch diese Glasröhre geht nun der Funken eines kleinen Inductionsapparates hindurch und macht sie zu einer intensiven, gleichmäßigen Lichtquelle. Die Glasröhre ist noch mit einem metallenen Reflector und einer geeigneten Fassung versehen, so daß sie der Arbeiter wie eine Lampe in der Hand tragen kann, während er auf dem Rücken in einem kleinen Kästchen die Inductionsrolle sammt der Batterie trägt.

Die Mißstände der gewöhnlichen Lampe sind hier nicht zu befürchten. Der Inductionsfunken ist vor der Berührung mit der Luft geschützt; sollte aber durch irgend

*) Vergl. Cazin die Wärme. III. Band der Naturkräfte p. 126.

einen Unfall die Röhre zerbrochen werden, so tritt allerdings die äußere Luft zwischen die Electroden, allein diese sind viel zu weit von einander entfernt, als daß zwischen ihnen in der unverdünnten Luft ein Funken überschlagen könnte.

Da diese Lampe keine Luft nöthig hat um fortzubrennen, so kann sie auch für die Arbeiten der Taucher unter Wasser verwendet werden.

Es ist wohl allen unseren Lesern bekannt, daß unter der Regierung Napoleon's III. in Paris ganze Straßen niedergerissen und in neue zum Theile mit Prachtbauten gezierte Boulevards umgewandelt wurden. Dabei handelte es sich darum, schnell zu arbeiten und insbesondere die Neubauten rasch wieder aufzuführen. Daß hiezu Maschinen aller Art in Thätigkeit versetzt wurden, läßt sich leicht denken und darunter treffen wir denn auch eine solche, bei welcher der Inductionsfunken eine wesentliche Rolle spielt, es ist die Lenoir'sche Gasmaschine.

Die Maschine besteht aus einem gewöhnlichen Pumpenstiefel; allein anstatt in denselben Wasserdampf einzuführen, läßt man eine Mischung von Luft und Leuchtgas eintreten. An beiden Seiten des Pumpenstiefels sind Schieberventile angebracht, welche das Eintreten der Gasmischung reguliren. Steht der Kolben am einen Ende des Stiefels, so füllt sich der unter ihm befindliche Raum mit dem Gasgemenge, ein Inductionsfunken schlägt über, entzündet das Gas, dadurch wird eine große Menge Wärme entwickelt und das auf solche Weise rasch erhitzte Gas dehnt sich mit großer Gewalt aus. Der Kolben wird damit vorwärts gestossen und eine Bewegung er-

zeugt. Ist der Kolben am anderen Ende des Stiefels angekommen, so wird hier der gleiche Vorgang wiederholt, der Kolben wird zurückgestossen und treibt dabei das beim Vorgehen ausgedehnte Gas in die äußere Luft hinaus.

Die Lenoir'sche Gasmaschine unterscheidet sich also von der gewöhnlichen Dampfmaschine blos durch die Wahl des Motors, die anderen Theile sind vollkommen identisch. Der Umstand, daß der Dampfkessel in Wegfall kommt, gestattet, die Maschine in einem relativ kleinen Raume in allen Etagen eines Gebäudes aufzustellen, wodurch für die Benützung derselben bei Bauten ein wesentlicher Vortheil erzielt wird.

Unter den Kunststücken, womit der bekannte Taschenspieler Robin sein Auditorium in Staunen versetzte, war Eines, das er in den mannichfaltigsten Variationen vorführte und zwar am häufigsten unter dem Namen: „Der Weihnachtsbaum.“ Man sah vorerst eine mit Schnee bedeckte Tanne; aber alsbald verwandelte sich der Schnee, durch den unsichtbar gelegte Drähte gezogen waren, in Lichter und Spielzeug aller Art, das unter die anwesenden Kinder vertheilt wurde. Bis dahin erschien die Sache noch als gewöhnliche Täuschung; allein auch auf Commando einer beliebigen, im Saale befindlichen Person entzündeten sich die Lichter und löschten ebenso auf Befehl wieder aus (Fig. 88).

Diese Lichter sind nun weiter nichts als Gasbrenner. Auf das Commando: „Brennt an“ öffnet eine dem Publicum nicht sichtbare Person den Gashahn und setzt einen

Inductionsapparat in Gang. Gleichzeitig springt der Funken über allen Gasbrennern, die unter einander in metallischer Verbindung stehen, über und das Gas wird entzündet. Auf das Commando: „Verlöschet" schließt die genannte Person den Gashahn und setzt den Inductionsapparat außer Thätigkeit. Wenn man die Versuche genau beobachtet, so hört man in dem Momente, wo die Flamme

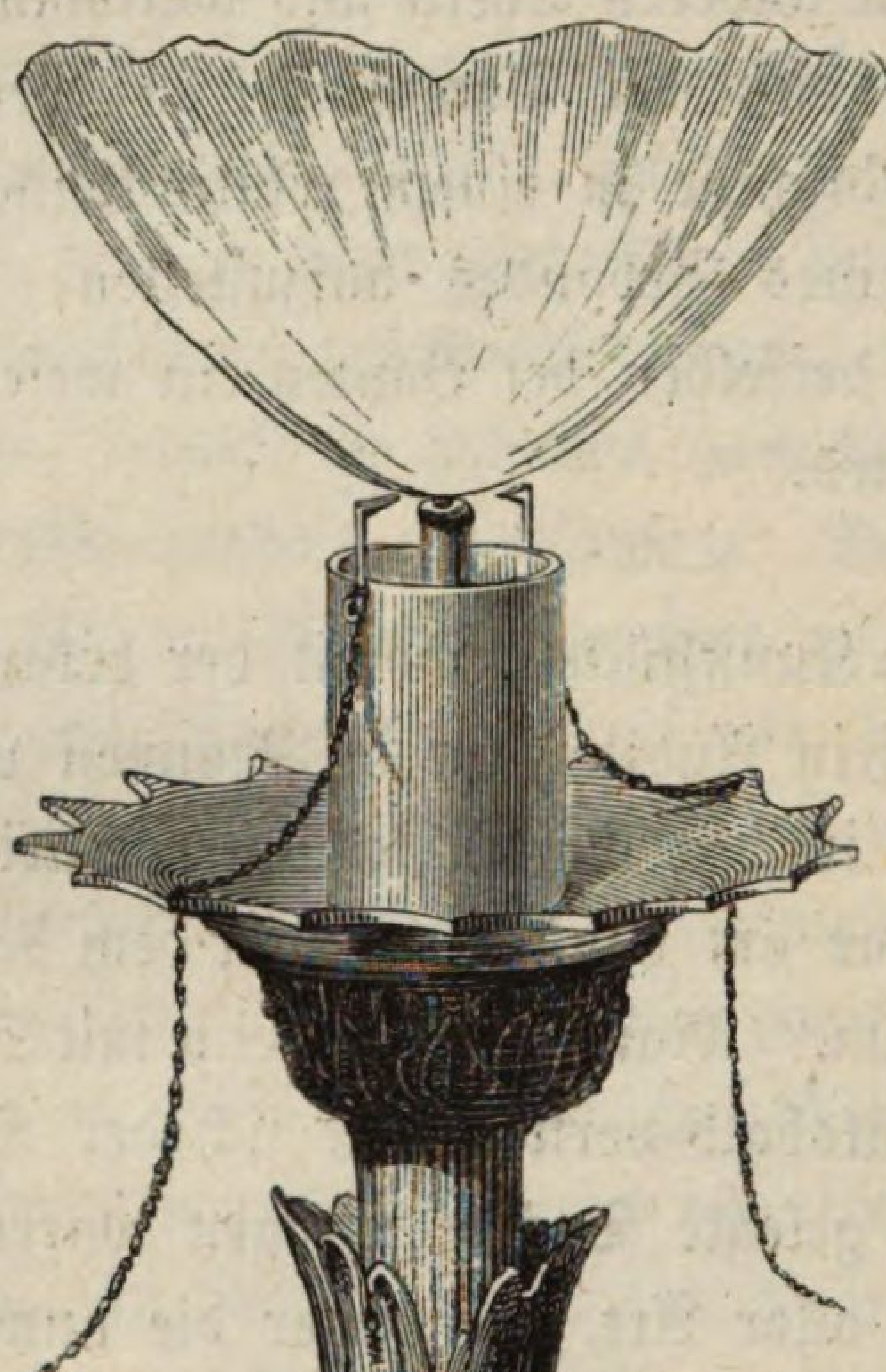


Fig. 88.

erscheint, einen schwachen Knall und nimmt selbst einen blaß violetten Lichtschimmer wahr, der vom Inductionsfunken herrührt.

Man könnte dieses Verfahren auch bei den Lüstern in Theatern oder überhaupt bei den Gasflammen in öffentlichen Gebäuden in Anwendung bringen; selbst zum

Anzünden der Straßenlaternen wurde es vorgeschlagen. So leicht übrigens der Versuch im Kleinen gelingt, so ist für seine Anwendung im Großen doch noch nicht die nöthige Sicherheit erreicht worden, wie der folgende Vorgang zeigt.

Als der Boulevard des Prinz Eugen in Paris eingeweiht wurde, hatte man am Anfange desselben einen großen Triumphbogen errichtet. In dem Momente, wo der Cortege diesen Bogen passirte, sollten eine Unzahl von Gasflammen sich gleichzeitig entzünden und eine Feuerkrone die Decorationen des Baues umgeben. Als am Tage vorher der Versuch probirt wurde, gelang er vollständig; allein obwohl alle Vorsichtsmaßregeln getroffen waren, versagte im entscheidenden Momente der Strom seine Wirkung und als der Cortege den Bogen passirte, blieb er dunkel, anstatt in blendender Helle zu erglänzen.

Der große Rühmkorff'sche Inductionsapparat hat beträchtliche Dimensionen und sein Preis ist so hoch, daß er nur in reicher dotirten physikalischen Laboratorien und Cabineten Platz finden kann; überdies ist er bei seinen gewaltigen Wirkungen sehr vorsichtig zu handhaben, wenn er nicht gefährlich werden soll. Es wurde deshalb sowohl von anderen Mechanikern als von Rühmkorff selbst der Apparat auch in kleineren Dimensionen hergestellt, ja sogar bis zu einer so kleinen Größe herab, daß er als Spielzeug für die Kinder dient.

Namentlich in Verbindung mit der Geißler'schen Röhre wird dieser kleine Apparat vielfach zu Spielereien verwendet. So hat man leuchtende Aquarien, in denen sich eine schön gewundene Geißler'sche Röhre befindet,

um welche die Goldfischchen herumschwimmen. Sogar die Damen haben sich der zu Diademen gewundenen Geißler'schen Röhre als Schmuck bei ihrer Toilette bemächtigt.

Die Magnet-Inductions-Maschine.

Die Inductionsströme, welche der Rühmkorff'sche Apparat liefert, haben entgegengesetzte Richtung d. h. auf einen Inductionsstrom, dessen Richtung der des Hauptstromes entgegengesetzt ist, — auf einen Schließungsstrom — folgt immer ein mit dem Hauptstrome gleichgerichteter Oeffnungsstrom, dann wieder ein entgegengesetzter u. s. f. Dieser Umstand beschränkt die Ausnützung des Apparates in mannichfacher Hinsicht, nämlich in allen Fällen, in denen beständig ein Strom von der gleichen Richtung absolut erforderlich ist wie z. B. in der Galvanoplastik. Man kann übrigens auch gleichgerichtete Inductionsströme in rascher Aufeinanderfolge erhalten, wenn man die zweite Art derselben — die Magnetinductionsströme — anwendet.

Schon bald nachdem Faraday die Induction entdeckt hatte, construirte Pixii einen Inductionsapparat, bei welchem die Ströme durch die Rotation eines Magneten erzeugt wurden. Seitdem wurde diese Art von Inductionsapparaten wesentlich verbessert; Saxton, Clarke, Ettingshausen, Stöhrer, Siemens und viele Andere construirten „Magnet-Inductions-Maschinen." Wir wollen die von Clarke dem Apparate gegebene Einrichtung etwas näher betrachten.

Ein Magazin von sehr kräftigen Hufeisenmagneten AB (Fig. 89) ist an einem vertical stehenden Brette be-

festigt, so daß die Pole nach abwärts gerichtet sind. Vor den Polen dieses großen Magneten stehen zwei weiche Eisencylinder, die durch ein Querstück, gleichfalls von weichem Eisen, mit einander verbunden sind und über

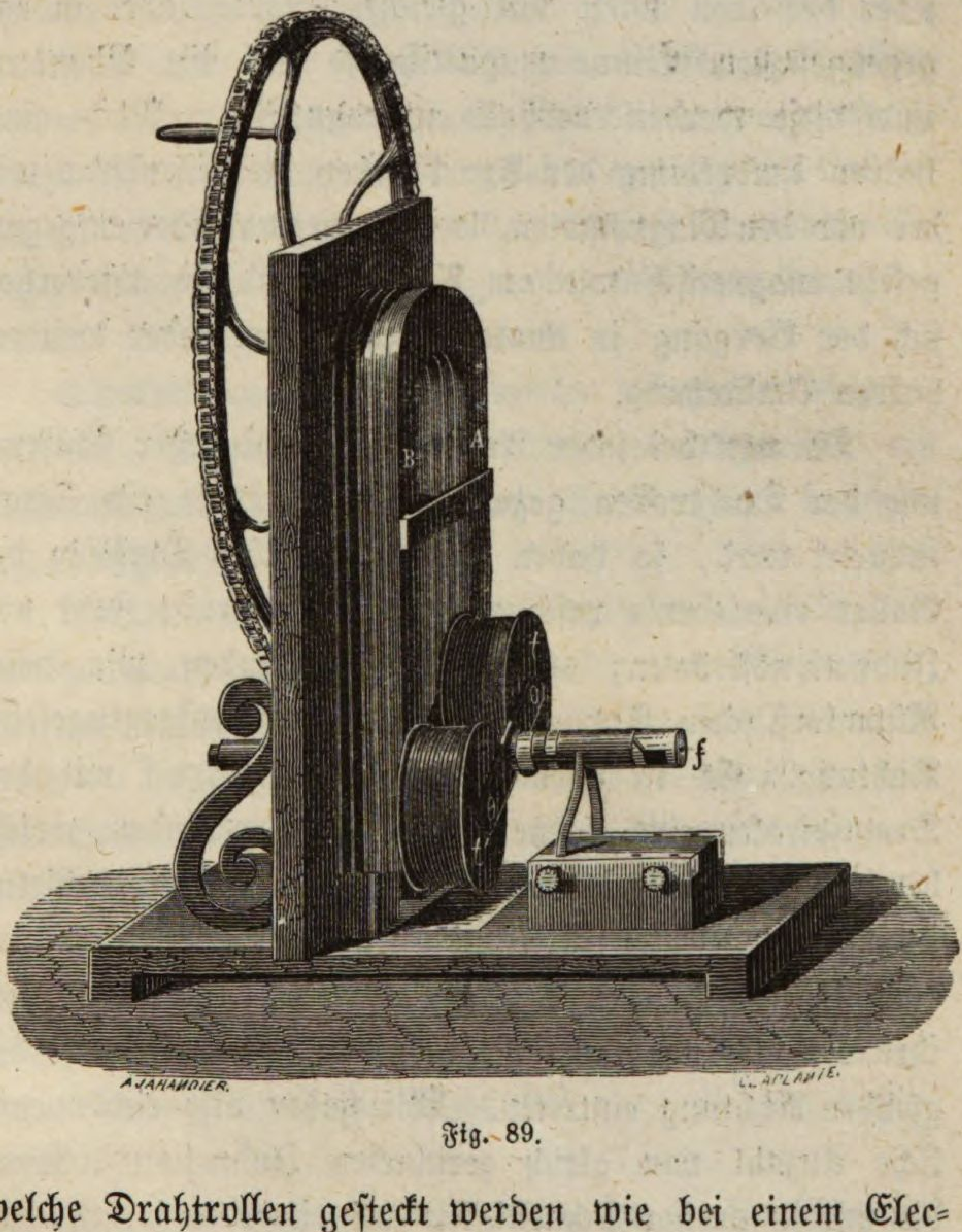


Fig. 89.

welche Drahtrollen gesteckt werden wie bei einem Electromagneten. Das Querstück und damit das Rollenpaar ist um eine Axe f drehbar und kann mittelst eines großen Rades in sehr rasche Rotation versetzt werden.

Stehen die weichen Eisenkerne des Rollenpaares gerade vor den Magnetpolen, so werden sie selbst magnetisch; hat die Axe eine Viertelumdrehung gemacht, so stehen die Eisenkerne zwischen den beiden Magnetpolen, jeder derselben wirkt mit gleicher Stärke, aber in entgegengesetztem Sinne magnetisirend auf die Eisenkerne und diese werden deshalb unmagnetisch. Nach einer halben Umdrehung der Axe f stehen die Eisenkerne wieder vor den Magnetpolen, werden diesmal aber entgegengesetzt magnetisch wie am Anfange und so wiederholt sich der Vorgang in analoger Weise bei jeder weiteren halben Umdrehung.

Da nun bei jeder Annäherung und jeder Entfernung der Drahtrollen gegen die Magnetpole ein Strom inducirt wird, so haben wir bei rascher Drehung der Rollen eine ebenso rasch aufeinander folgende Zahl von Inductionsströmen; allein dieselben haben wie beim Rühmkorff'schen Apparate vorerst noch entgegengesetzte Richtung. Es ist aber am Ende der Axe f mit den Drahtspiralen eine eigene Vorrichtung verbunden, welche bewirkt, daß die Inductionsströme, obwohl sie abwechselnd in entgegengesetzter Richtung aus den Rollen kommen, doch in den äußeren Schließungskreis, in welchem sich ihre verschiedenen Wirkungen äußern sollen, stets in der gleichen Richtung eintreten. Wir haben also eine unendliche Anzahl von gleich gerichteten Inductionsströmen, die mit so großer Schnelligkeit auf einander folgen, daß wir damit operiren können wie mit einem Batteriestrome.

Will man die Wirkungen dieser Art von inducirten

Strömen näher studiren, so muß der Apparat noch so eingerichtet werden, daß man zweierlei Rollenpaare, einmal ein solches, auf welchem ein kurzer und dicker Draht aufgewickelt ist, dann ein zweites mit sehr langem und dünnem Drahte anbringen kann.

Daß nun eine solche Magnetinductions-Maschine Ströme liefert, welche physiologische Wirkungen zur Folge haben, ist wohl vielen unserer Leser aus eigener Erfahrung zur Genüge bekannt. Allein diese Inductionsströme zeigen außerdem alle Wirkungen des mit der galvanischen Batterie hervorgerufenen Stromes.

Schaltet man ein Galvanometer in den Schließungskreis ein, so wird die Nadel desselben abgelenkt, ein Electromagnet erhält durch diese Ströme eine beträchtliche Tragkraft.

Bringt man in den Schließungskreis einen Wasser-Zersetzungsapparat, so wird durch die vom Magnet inducirten Ströme das Wasser wieder in seine Bestandtheile — in Wasserstoff und Sauerstoff — zerlegt, und zwar liefern kräftige Maschinen schon in einer bis zwei Minuten einen Kubikzoll Knallgas.

Ein in den Drahtkreis der Rollen eingeschalteter dünner Platindraht von ein paar Zoll Länge wird so stark erwärmt, daß er weißglühend wird; eingeschaltete Kohlenstücke können gleichfalls bis zum Glühen erhitzt werden.

Eine sehr wichtige Anwendung haben die Magnetinductionsströme in der Telegraphie gefunden. Da nämlich das zeitweise Reinigen und überhaupt das Instandhalten der galvanischen Batterie immer Unbequemlichkeiten

mit sich führt und mit Kostenaufwand verbunden ist, so mußte ein telegraphisches System erwünscht sein, bei welchem die Batterie gänzlich beseitigt werden kann.

Stöhrer in Leipzig war der Erste, welcher die Magnetinductionsmaschine auf einen so hohen Grad der Vollendung brachte, daß sie mit Erfolg zum Betriebe von Zeigertelegraphen verwendet werden konnte; schon im Jahre 1847 waren seine Apparate auf der sächsisch-bayerischen Staatsbahn eingeführt worden. Später haben Wheatstone und Siemens magnetelectrische Zeigertelegraphen construirt, von denen erstere in England, letztere in Deutschland selbst jetzt noch vielfach im Gebrauche sind.

Die Siemens'schen Apparate sind deshalb von großem Interesse, weil bei ihnen zuerst der so mannichfacher Verwendung fähige Inductionscylinder vorkommt. Derselbe besteht aus einem Cylinder von weichem Eisen, der seiner ganzen Länge nach zwei Nuthen besitzt, in welche eine sehr große Länge ganz feinen Kupferdrahtes gewunden ist. Wird der Cylinder vor den Polen eines kräftigen Hufeisenmagneten aufgestellt und in rasche Rotation versetzt, so werden in dem Drahte die Ströme inducirt wie bei den Rollen der Clarke'schen Maschine.

Schon vor Jahrtausenden wurden die electrischen Eigenschaften des Zitterrochens und des Zitteraales von den Griechen und Römern, sowie von den Negerweibern in Afrika erkannt und zur Heilung von Krankheiten und zur Heilung von Schwächezuständen benützt. Der blinde

Glaube an diese Wunderkraft war die Ursache, daß man für weitere Beobachtungen lange Zeit hindurch blind blieb.

Es ist noch nicht so lange her, daß man für alle Krankheiten, welcher Art sie auch waren, sich electrisiren ließ, und der Verfasser kennt noch recht gut die Zeit, wo Taschenspieler, die als Professoren der höheren Magie und Magnetisirungskunst im Lande umherreisten, in der That ihre Taschen aus dem Säckel des Publikums durch ihre Wunderkuren füllten. Die ganze Sache kam hierdurch in Mißcredit und erst in der Neuzeit haben die Mediciner von Fach gezeigt, daß, wenn der galvanische Strom auch nicht für alle Krankheiten und Uebel Heilkraft besitzt, daß er doch am richtigen Orte und in richtiger Weise angewandt entschieden von dem günstigsten Erfolge begleitet ist.

Es kann hier wohl nicht davon die Rede sein, den Gegenstand vom medicinischen Standpuncte aus zu betrachten; wir begnügen uns mit einigen Bemerkungen über die in der Electrotherapie angewandten physikalischen Hilfsmittel.

Hiezu gehören sowohl der galvanische Batteriestrom — von den Aerzten gewöhnlich der constante Strom genannt — als auch die Inductionsströme.

In früherer Zeit hat man zur Erzeugung des Batteriestromes vielfach die Pulvermacher'sche Kette (Fig. 90) gebraucht, eine Kette, die aus kleinen Holzstückchen gebildet wird, über welche Kupfer- und Zinkdrähte gewunden sind (Fig. 91) ohne sich zu berühren. Wird das Ganze in angesäuertes Wasser gelegt, so wird das Holz damit

getränkt und man hat eine Reihe von galvanischen Elementen als Stromquelle erhalten.



Fig. 90.

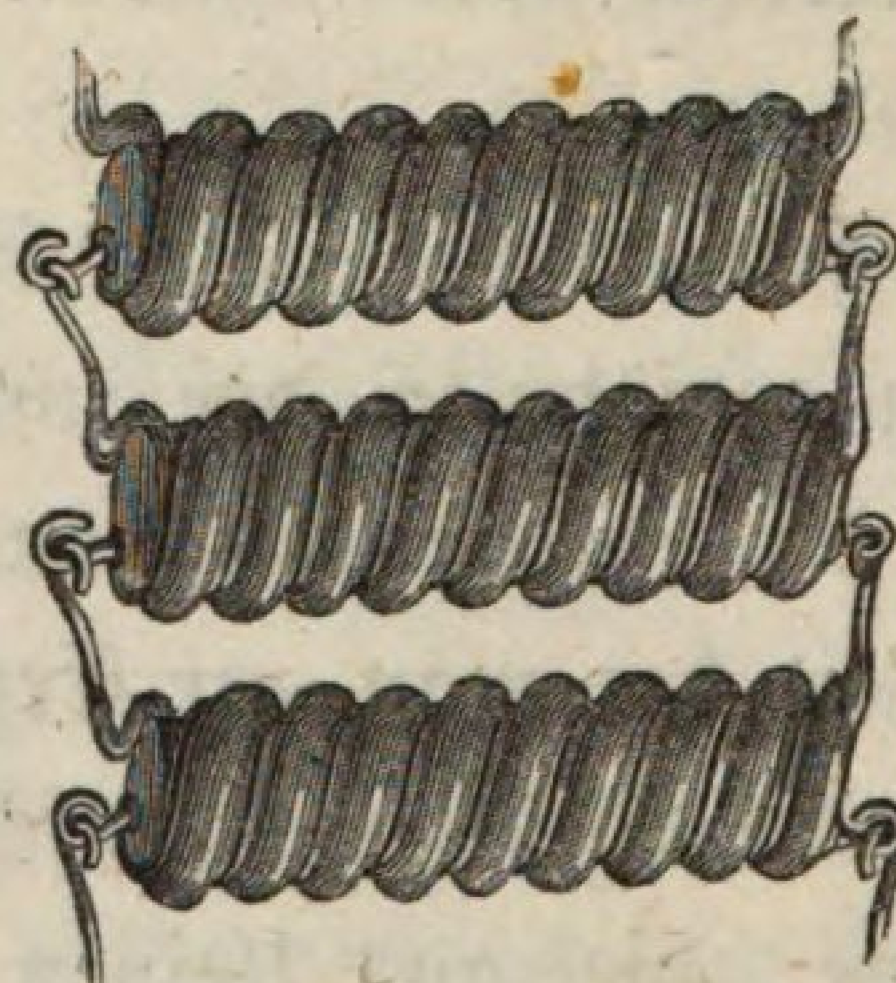


Fig. 91.

Gegenwärtig ist die Pulvermacher'sche Kette ganz außer Gebrauch; man verwendet jetzt für den constanten

Strom eine große Anzahl — bis zu 60 und selbst darüber — von Daniell'schen, Meidinger'schen, Bunsen'schen 2c. Elementen. Erst vor einigen Jahren hat Dr. Pincus, ein Arzt in Königsberg, eine Batterie vorgeschlagen, die sich sowohl durch ihre kräftige physiologische Wirkung als durch ihre compendiöse Form ungemein empfiehlt. Jedes Element dieser Batterie besteht zunächst aus einem Probirgläschen, wie sie die Chemiker bei ihren Untersuchungen gebrauchen. In demselben befindet sich ein fingerhutähnliches Gefäß aus Silber, welches mit Chlorsilber gefüllt wird, und darüber steht ein Zinkkölbchen in verdünnter Schwefelsäure (angesäuertem Wasser). Vierzig dieser Elemente können auf einen Raum von 25 Centimeter Länge und 12 Centimeter Breite gestellt werden. Die Batterie kann immer gefüllt bleiben; denn wenn sie nicht im Gebrauche ist, können die Zinkkölbchen mit einem einzigen Handgriffe herausgehoben werden; sie verträgt dabei eine sehr große Neigung in der Lage, so daß sie leicht und ohne Gefahr transportirt werden kann, ein Vortheil, der bei keiner anderen Batterie zur Zeit in so hohem Grade erreicht werden konnte.

In die offenen Pole einer solchen constanten Batterie werden lange Leitungsschnüre eingeschaltet, welche die Electroden tragen. Diese sind je nach dem Zwecke verschieden geformte Metallstücke, welche an isolirenden Handgriffen sich befinden und auf diejenigen Stellen des menschlichen Körpers, durch welche der Strom hindurchgeleitet werden soll, aufgelegt werden.

Der constante Strom wurde durch die Untersuchungen von Remak in die Electrotherapie eingeführt; schon vor-

her bediente man sich vielfach der Inductionsströme und zwar hauptsächlich der durch einen galvanischen Strom inducirten Ströme. Die zu deren Erzeugung gebrauchten Apparate haben die mannichfaltigste Construction erfahren; immer aber sind es zwei Drahtrollen wie bei unseren Fundamentalversuchen, von denen die innere — die Hauptspirale — noch ein Bündel von weichen Eisendrähten trägt. Du Bois Reymond hat bei seinem Schlittenapparate die Nebenspirale auf eine Art von Schlitten

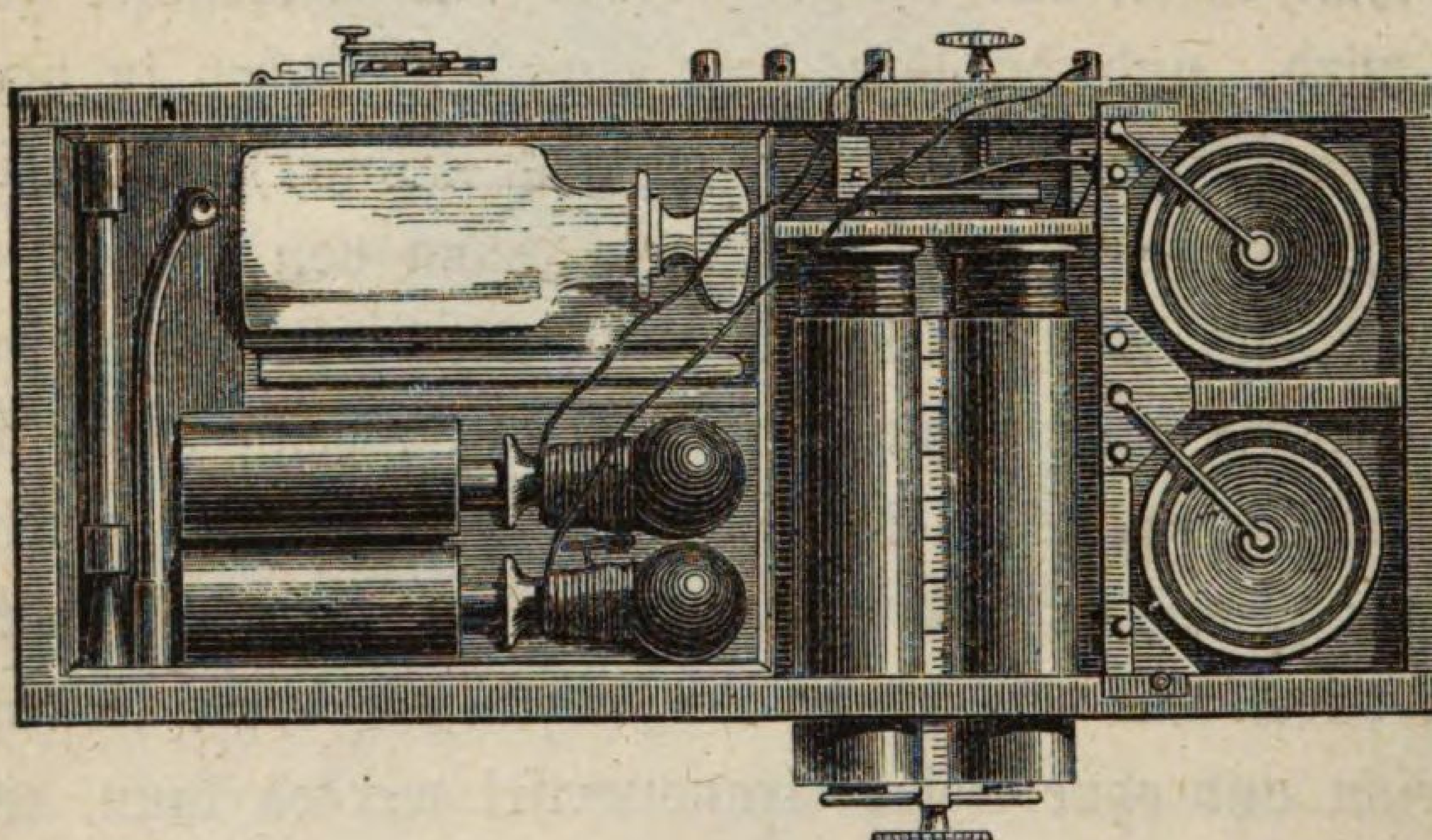


Fig. 92.

befestigt, während die Hauptspirale feststeht: die Stärke der inducirten Ströme kann dabei durch Verschiebung der Nebenspirale regulirt werden. Der gleiche Zweck wird erreicht durch den von Dove angegebenen Dämpfer, einem Kupferrohre, das über oder innerhalb der beiden Rollen verschiebbar eingerichtet ist.

Die vorstehende Fig. 92 zeigt die Einrichtung, welche Rühmkorff dem ärztlichen Inductionsapparate gegeben hat. Man sieht zunächst zwei Rollen, deren jede Haupt=

und Nebenspirale, sowie das Eisendrahtbündel enthält, und darüber verschiebbar den doppelten Dämpfer. Neben diesen Rollen, dem eigentlichen Inductionsapparate, befinden sich zwei Marié Davy'sche Elemente, wie wir sie Seite 114 kennen gelernt haben. Zur Linken der Inductionsrollen liegt ein Fläschchen mit schwefelsaurem Quecksilber zur Füllung der Batterie, sowie die medicinischen Electroden, welche auch hier in gleicher Weise wie beim constanten Strome zur Anwendung kommen. Das Ganze befindet sich in einem verschließbaren Etui, welches der practische Arzt leicht in der Tasche mit sich führen kann.

Die Magnetinductionsströme, die man früher gleichfalls für Heilzwecke verwendete, scheinen gegenwärtig von den meisten Electrotherapeuten ganz aufgegeben worden zu sein.

In der jüngsten Zeit noch hat man vielfach die ausgezeichnete Wirkung der von A. Becquerel eingeführten electrischen Bäder vertheidigt, doch sind die Aerzte darüber keineswegs einig.

Der Patient wird bei diesen Bädern in eine große Badewanne gebracht (Fig. 93), welche mit angesäuertem Wasser von geeigneter Temperatur gefüllt ist; dabei hält der Kranke den einen Arm außerhalb der Badewanne in ein Gefäß, das gleichfalls mit angesäuertem Wasser gefüllt wurde. Die eine Electrode wird in dieses Gefäß, die andere in das Bad gebracht und dann ein Inductionsstrom oder auch ein constanter Strom durch den ganzen menschlichen Körper hindurch geleitet.

Es ist noch eine Wirkung des galvanischen Stromes

zu erwähnen, die in der Chirurgie als sogenannte Galvanokaustik Anwendung gefunden hat. Ein starker galvanischer, sowie ein Inductions-Strom sind nämlich im Stande, einen Platindraht zum Glühen zu bringen; dieses Glühen wurde nun zum Ausbrennen von Wunden u. dgl. vielfach verwendet. Ein geeignet gefaßter Platindraht

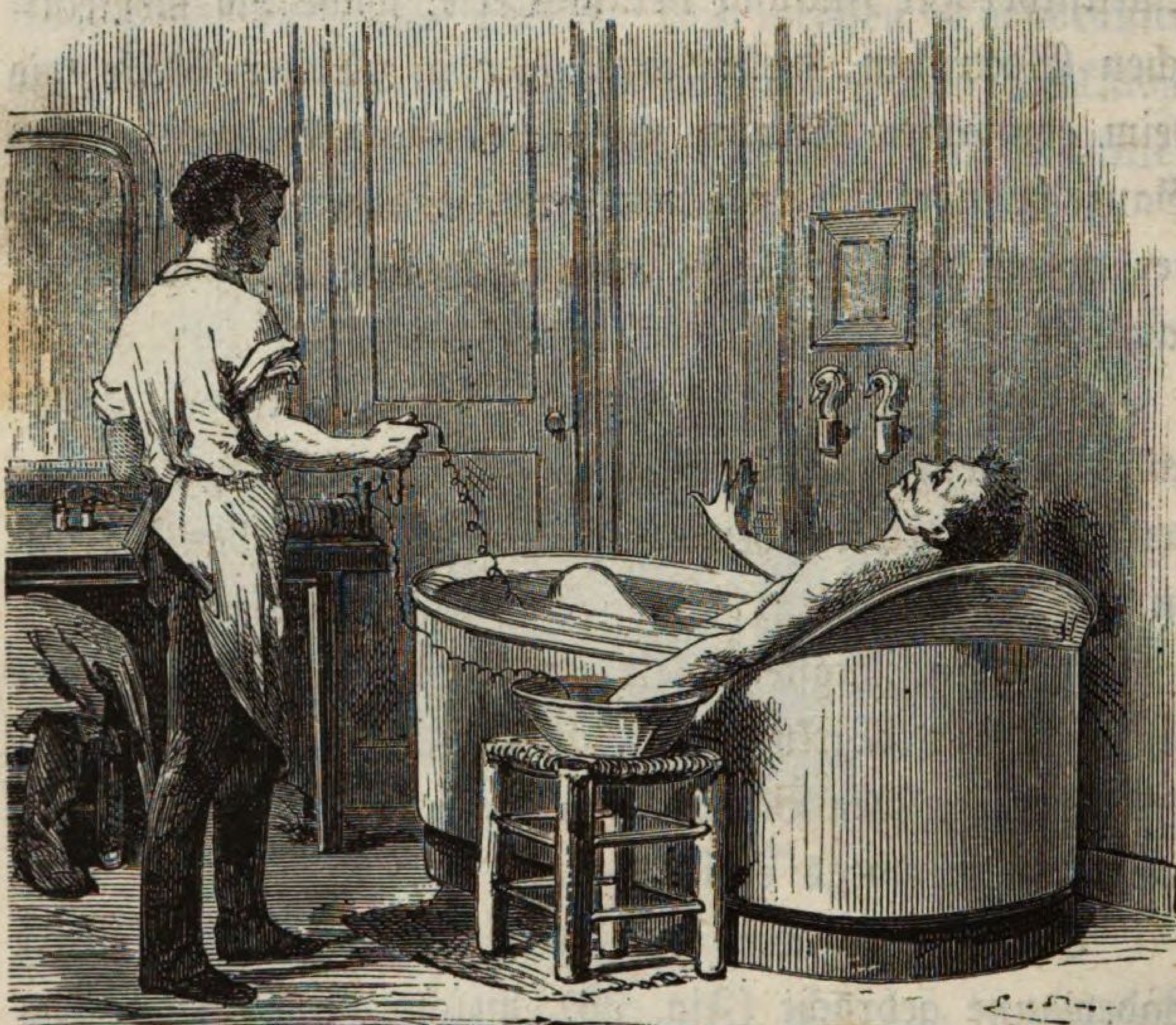


Fig. 93.

wird, noch bevor der Strom hindurchgeht, in das auszubrennende Organ gelegt; wird nun der Strom plötzlich hindurchgesendet, so wird der Draht sogleich zum Glühen gebracht und die Gewebe werden kauterisirt, noch ehe der Kranke Zeit hatte aufzuschreien.

Es werden sich jetzt viele unserer Leser wohl die

berechtigten Fragen stellen: Welches ist die Natur dieser geheimnißvollen Heilkraft? In welchen Beziehungen steht überhaupt die Lebenskraft zu den übrigen Naturkräften? Wir glauben weit aufrichtiger zu verfahren, wenn wir den Trost geben, daß selbst die größten Gelehrten, wenn man ihnen solche Fragen vorlegt, stumm bleiben müssen, als wenn wir einfach, wie dieß in früheren Zeiten der Fall war, bei einer jeden derartigen Schwierigkeit als letzte Entscheidung geheimnißvoll eines der Worte: „Magnetismus" oder „Electricität" hinwerfen würden.

7. Das electrische Licht.

Was hätten sich wohl die alten Griechen gedacht, wenn man ihnen gesagt hätte: „Der Scepter, womit Ihr den Mächtigsten Eurer Götter bewaffnet habt, der Donnerkeil, den er in seinem Grolle schwingt, er wird eines Tages den Menschen zum Vergnügen dienen! Die unbekannten Werkzeuge, welche die Cyclopen bei ihren unterirdischen Arbeiten benützen, werden dereinst zu den Utensilien in den Magazinen des Theaters gehören." Gewiß Niemand, selbst der Weiseste und Freidenkendste nicht, hätte solchen Phrophezeihungen Glauben beigemessen. Und doch haben sie sich heutzutage verwirklicht.

Der Gelehrte Humphry Davy, dem wir so viele bedeutende Arbeiten verdanken, war der erste, welcher das electrische Licht zu Stande brachte; er benützte dazu eine Batterie von nicht weniger als zwei Tausend Elementen. Als man aber die galvanischen Elemente vervollkommnet und nicht mehr einen so großen Apparat nöthig hatte, konnte man dieses Licht näher studiren und practische Vortheile daraus ziehen.

Bringt man die beiden Pole einer galvanischen Batterie einander sehr nahe, so springen lebhafte und

glänzende Funken zwischen den nur durch einen ganz geringen Zwischenraum getrennten Drahtenden, welche den Schließungskreis bilden, über. Läßt man diese Drahtenden in Kohlenspitzen auslaufen, so beobachtet man nicht mehr diese einzelnen Funken, sondern ein continuirliches Licht von ungemein großer Intensität; man nennt die Erscheinung den Volta'schen Lichtbogen.

Stehen die Kohlen, welche die Pole der Batterie bilden, einander zu nahe oder berühren sie sich gar, so daß der Schließungskreis vollständig geschlossen ist, so kann der Volta'sche Lichtbogen nicht zu Stande kommen. Entfernt man dagegen die Kohlen immer mehr von einander, so verlängert sich auch der Lichtbogen, wird schwächer und nimmt allmählig bis zum Verschwinden ab, sobald der Abstand der Kohlen zu groß geworden ist. Es ist also vor Allem ersichtlich, daß um das electrische Licht in größter Intensität zu erhalten, die Kohlen in einem ganz bestimmten Abstande von einander stehen müssen.

Wollen wir den Volta'schen Lichtbogen näher untersuchen, so müssen wir uns einer blauen Brille bedienen, damit wir das blendende Licht ohne Gefahr für unsere Augen betrachten können. Noch besser aber projiciren wir die brennenden Kohlen auf einen Schirm vermittelst eines Apparates, der später noch beschrieben werden wird. Wir sehen dann ganz deutlich, wie sich das electrische Licht bildet.

Am Anfange springen die Funken zwischen den Kohlen, die scharf zugespitzt sind, schwach und langsam über, aber bald erwärmen sich die Kohlen, werden rothglühend und das Licht erglänzt. Man sieht dann, wie

eine große Menge glühender, fester Theilchen von einer Kohle zur anderen übergeführt werden; man sieht ferner, wie sich die eine der Kohlen abnützt und ausgehöhlt wird, während die andere wächst. Diese continuirliche Bewegung glühender Kohlentheilchen, die von einem Pole zum anderen übergehen, trägt zur Erhöhung des Glanzes des Volta'schen Lichtbogens wesentlich bei.

Man mag die verschiedensten Elemente zur Batterie nehmen, immer ist der Pol, der sich abnützt, der gleiche und zwar der positive Pol, während der wachsende Pol stets der negative bleibt.

Der Lichtbogen wird aber nicht etwa blos durch die Ueberführung dieser glänzenden Theilchen gebildet, die ganzen Kohlen selbst werden erhitzt und rothglühend und erglänzen in lebhaftem Lichte. Das Licht, welches diese energische Verbrennung zur Folge hat, kommt also noch zu dem hinzu, das durch die Ueberführung der kleinsten Partikelchen entsteht, und beide Umstände zusammen, das Erglühen und Verbrennen der Kohle einerseits und das Ueberführen der glühenden Theilchen andererseits sind es, welche das electrische Licht constituiren.

Der Lichtbogen kommt zu Stande im Wasser, im leeren Raume, selbst in denjenigen Gasen, welche sonst die Verbrennung nicht unterhalten; es genügt hiezu die Kohlen einander bis zu dem Puncte nahe zu bringen, wo die Ueberführung des glühenden Stoffes noch stattfinden kann. Nie aber erreicht dabei der Lichtbogen einen solchen Glanz wie in der Luft; denn es ist nur eine der beiden vorerwähnten Ursachen in Wirksamkeit.

Aus dem Gesagten erhellt, daß der Abstand der

Kohlen kein constanter bleibt. Beim Verbrennen werden die Kohlen verzehrt und der Abstand wächst in jedem Augenblicke; das Licht, am Anfange brillant, wird schwächer und schwächer und erlischt zuletzt ganz, wenn man nicht die Kohlen einander wieder nähert. Will man aber immer ein gleich lebhaftes und glänzendes Licht haben, so muß man die Pole beständig auf der richtigen Distanz erhalten.

Dies wäre jedoch nicht der einzige Mißstand. Die Kohlen verbrennen nicht blos und werden dadurch verzehrt, die eine derselben wird, wie wir gesehen haben, noch außerdem zerfressen, während die andere wächst. Der Lichtpunkt bleibt also nicht fix stehen, er bewegt sich mit der zunehmenden Kohle und nach einiger Zeit haben die Lichtstrahlen eine andere Richtung als am Anfange.

Da nun aber die fixe Lage des Lichtpunctes für die Anwendung in den meisten Fällen von Wichtigkeit, manchmal sogar absolut nothwendig, immer aber bequem ist, so hat man eigene Apparate erfunden, welche diese Mißstände beseitigen, die electrischen Lichtregulatoren.

Mit diesen Apparaten werden die Kohlen verbunden und sie reguliren von selbst in jedem Augenblicke die Distanz derselben. Alle — und ihre Zahl ist keine geringe — beruhen darauf, daß man den galvanischen Strom, der zur Erzeugung des Lichtes dient, gleichzeitig auch zur Regulirung der Bewegung der Kohlen benützt. Diese glückliche Idee verdanken wir Foucault, dem leider zu früh verstorbenen Physiker der Pariser Sternwarte.

Ein solcher photoëlectrischer Regulator muß drei

wesentlichen Bedingungen Genüge leisten. Das Licht muß constant sein, um den nachtheiligen raschen Wechsel zwischen Helle und Halbdunkel zu vermeiden; die Kohlen müssen, wenn der Apparat einmal gerichtet ist, einen ganz unbeweglichen Lichtpunct geben; endlich muß man diesen Lichtpunct beliebig dirigiren d. h. man muß ihn, ohne daß er verlischt, heben und senken, nach diesem oder jenem Puncte hin richten können.

Diese Bedingungen sind unerläßlich und ein Regulator, der sie nicht erfüllt, ist nicht brauchbar; einige der bisher construirten Apparate haben jedoch schon einen hohen Grad der Vollendung erreicht.

Die meisten Kohlenlichtregulatoren sind sehr complicirt: Uhrwerke, Federn, Eingriffe &c. spielen bei jedem eine besondere Rolle. Um unseren Lesern überhaupt deutlich zu machen, wie man den Strom selbst dazu benützen kann, die Distanz der Kohlen zu reguliren, wollen wir den sehr einfachen Apparat von Archereau beschreiben, obwohl er sehr unvollkommen ist und nie eine Anwendung im eigentlichen Sinne gefunden hat (Fig. 94).

Der galvanische Strom geht von einem Pole der Batterie aus zu der oberen Kohle, die an einer Art von Galgen befestigt ist; die untere Kohle ist in einen beweglichen Träger eingefügt, der von einem Stabe aus weichem Eisen gebildet wird. Der vom zweiten Batteriepole kommende Draht geht durch eine electromagnetische Drahtspirale und von da zur unteren Kohle. Sobald die Kohlen einander genähert werden, erglänzt das Licht; der Strom jedoch macht, während er durch den Electromagnetdraht geht, das weiche Eisen magnetisch und zieht

es an. Hiedurch wird die untere Kohle gesenkt, die Kohlen entfernen sich von einander und das Licht wird schwächer. Allein in dem Maaße als die Entfernung der Kohlen wächst, nimmt auch der Strom immer mehr und mehr an Stärke ab und die Magnetisirung des weichen Eisens wird in dem gleichen Maaße schwächer;

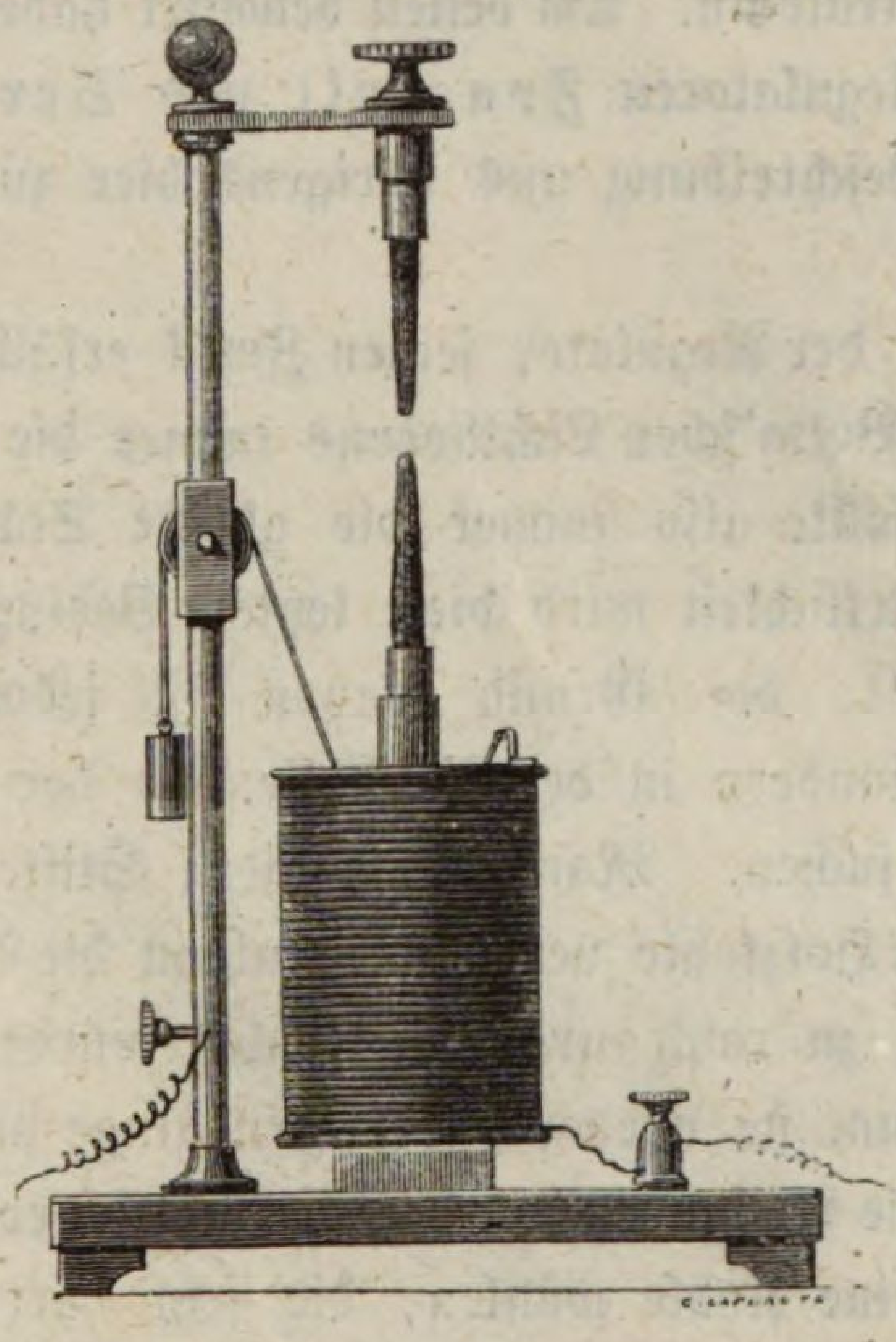


Fig. 94.

dann wird aber das Eisenstück, das den Träger der unteren Kohle bildet, von einem Gegengewichte wieder in die Höhe gehoben. Ist das Gegengewicht richtig gewählt, so wird durch die Schwere einerseits und den galvanischen Strom andrerseits Gleichgewicht hergestellt und so die Kohlen immer in der gleichen Distanz von einander gehalten.

Dieses Beispiel sollte uns blos zeigen, wie man im Stande ist, durch den galvanischen Strom selbst die Distanz der Kohlenspitzen zu reguliren, denn für die Anwendung des electrischen Lichtes zu physikalischen Experimenten, bei Bauten, Leuchtthürmen, auf der Bühne &c. wendet man weit vollkommenere, aber auch weit complicirtere Apparate an. Am besten bewährt haben sich bisher wohl die Regulatoren Foucault und Serrin, deren detaillirte Beschreibung uns übrigens hier zu weit führen würde.

Wenn der Regulator seinen Zweck erfüllt, so ist die Länge des Volta'schen Lichtbogens immer die gleiche und das Licht sollte also immer die gleiche Stärke besitzen. In der Wirklichkeit wird diese letztere Bedingung keineswegs erfüllt; der Grund davon ist jedoch nicht im Apparate, sondern in der Beschaffenheit der verwendeten Kohlen zu suchen. Man könnte hiezu Stifte aus reiner und leichter Holzkohle verwenden, allein die Verbrennung wäre dann zu rasch und die Kohlen würden zu schnell abgenützt; um sie wieder zu ersetzen ginge viel Zeit verloren und die Ausgaben würden beträchtlich erhöht. Man muß also eine Kohle wählen, die sehr hart, sehr dicht und doch sehr leicht entzündbar ist. Man nimmt dazu die Kohle der Gasretorten.

Wenn man die Steinkohle destillirt, um daraus das Leuchtgas zu gewinnen, so bleibt in der Retorte zunächst der Coaks; dann aber auch noch eine andere Kohle, welche man als die Retortenkohle bezeichnet. Letztere bildet sich in dichten Schichten, ist schwarz, metallisch glänzend, sehr hart und schwierig zu schneiden; sie legt

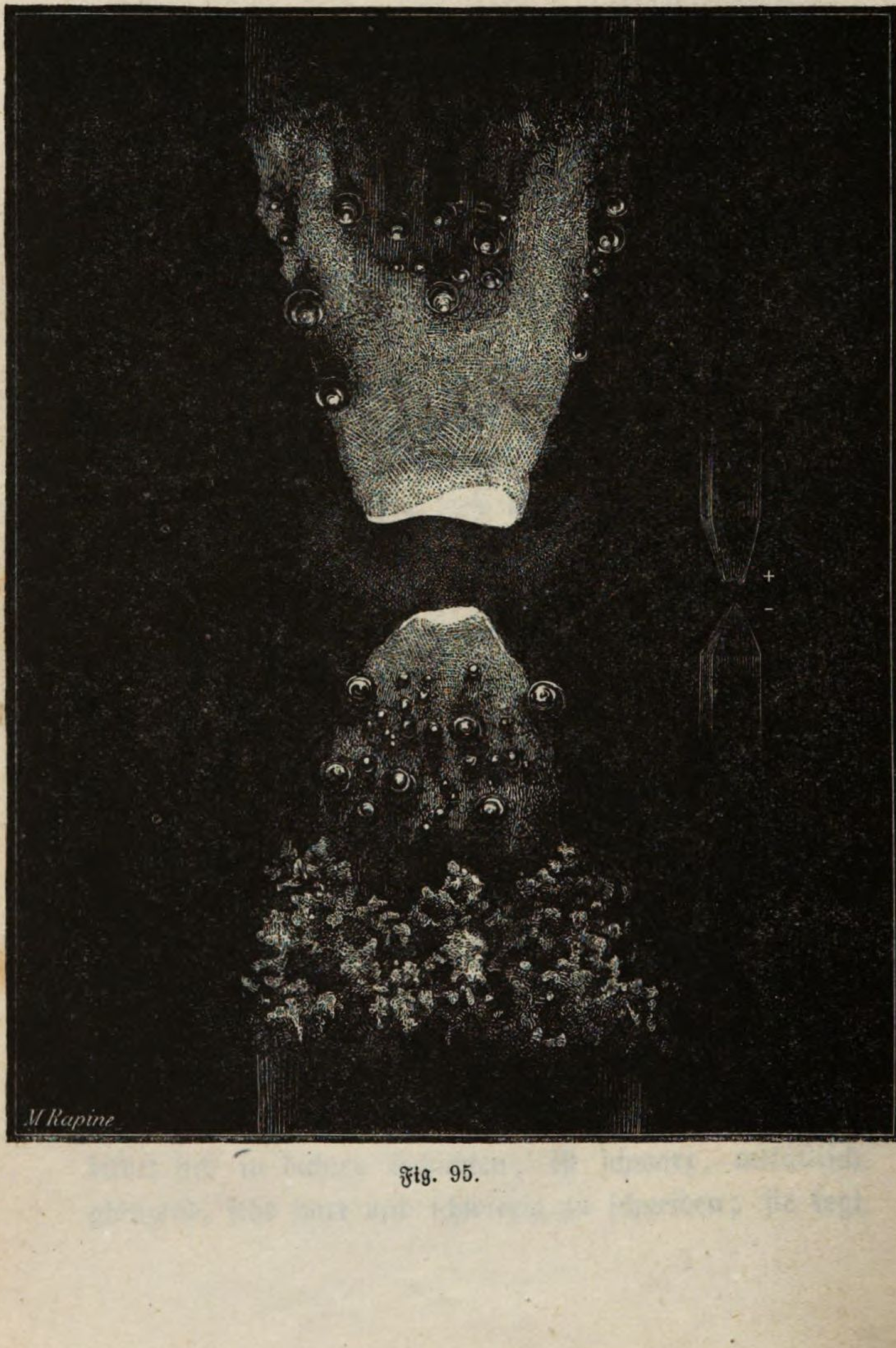


Fig. 95.

sich oben an der Retorte an den Stellen an, welche während der Destillation am meisten erhitzt wurden. Dieser Kohlenstoff nun wird für die galvanischen Anwendungen verarbeitet. Wie alle Kohlen ist auch diese Kohle ein guter Leiter für den Strom, sie ist porös, eine Eigenschaft, die sie besonders geeignet für die Verwendung bei den Bunsen'schen Elementen macht, endlich ist sie ungemein dicht und leicht brennbar, so daß sie sich für's electrische Licht vorzüglich eignet.

Man schneidet daraus lange, zugespitzte Stifte, fügt sie in den Regulator an den Puncten ein, welche die Batteriepole bilden, und es entsteht so zwischen ihnen der Volta'sche Lichtbogen.

Die Retortenkohle ist aber durchaus nicht rein; sie enthält kleine Sandkörner in beträchtlicher Anzahl. Kommt nun ein solches Sandkorn an die entzündete Kohlenspitze, so brennt es nicht, ja es wird nicht einmal glühend; es absorbirt dagegen eine beträchtliche Wärmemenge, um in den flüssigen Zustand überzugehen und fließt dann von der oberen auf die untere Spitze herab, wie dies aus Fig. 95 ersichtlich ist. Die Folge davon ist, daß während dieser ganzen Zeit das electrische Licht abgeschwächt wird und dies ist denn auch die Ursache der störenden Schwankungen des electrischen Lichtes, ähnlich dem Funkeln der Sterne.

Dazu kommt aber auch noch der Mißstand, daß sich bei unreinen Kohlen die Spitzen sehr bald abstumpfen, wodurch die Continuität des Lichtes gleichfalls beeinträchtigt wird. Man kann deshalb das electrische Licht blos in den Fällen anwenden, wo solche Schwankungen

nicht mehr in Betracht kommen. Um es für alle Zwecke brauchbar zu machen, muß man die Kohle zuvor reinigen, d. h. von den erdigen Beimengungen befreien.

Man hat mehrere Versuche nach dieser Richtung hin angestellt, einige sogar mit Erfolg. Ein Chemiker, Namens Jacquelain, hat Kohlen hergestellt, welche sich so wenig abnützten und doch, da sie sehr rein waren, eine Lichtintensität gaben, die fast doppelt so groß war, als die der gewöhnlichen Kohlen. Allein das Fabrikationsverfahren scheint Schwierigkeiten geboten zu haben; Jacquelain erhielt sein Product nur in ganz geringen Quantitäten. Auch mit dem Graphit, der nach dem Diamant der reinste Kohlenstoff ist, hat man Versuche angestellt, es hat sich jedoch gezeigt, daß derselbe sich nur schwer entzündet und sehr rasch abnützt.

Um das electrische Licht zu Stande zu bringen, bedient man sich gewöhnlich einer Batterie von 40 bis 50 großen Bunsen'schen Elementen, deren Strom durch den Regulator und die Kohlen hindurchgeht. Der Lichtpunct wird je nach dem Effecte, den man erzielen will, wie bei einer gewöhnlichen Lampe von Kugeln aus polirtem oder matt geschliffenem Glase umgeben. Will man das Licht nach einem bestimmten Puncte hin dirigiren, so stellt man hinter dem Regulator einen metallenen parabolischen Hohlspiegel auf, so daß in seinem Brennpuncte der Lichtpunct sich befindet.

Braucht man das electrische Licht häufig, wie bei den Leuchtthürmen und wird dasselbe immer unter den gleichen Umständen hergestellt, so verwendet man anstatt

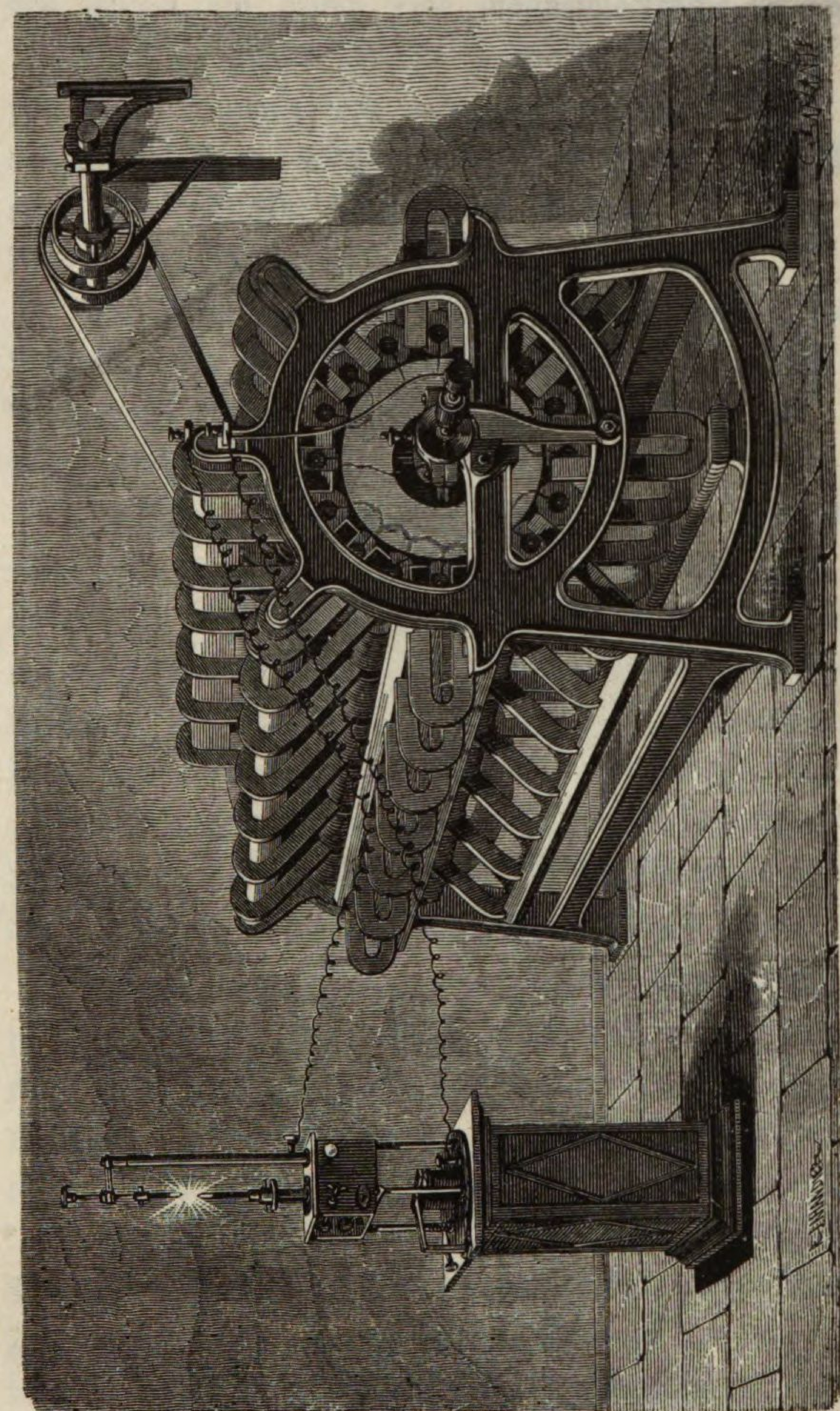


Fig. 96.

der großen galvanischen Batterie als Kraftquelle für den Strom am besten eine magnetelectrische Maschine.

Ein zu diesem Zwecke geeigneter Apparat ist die von Rollet angegebene und von van Malderen verbesserte Maschine, welche durch die Compagnie de l'Alliance eine definitive Construction erfahren hat, wie sie Fig. 96 darstellt.

Die Maschine trägt 56 Hufeisenmagnete in sieben Abtheilungen; jede dieser Abtheilungen besteht aus acht Magneten, die in einem regelmäßigen Achtecke mit einwärts gerichteten Polen angeordnet sind.

Zwischen diesen sieben Gruppen von je acht Magneten, die an einem massiven Gestelle befestigt sind, befindet sich eine entsprechende Anzahl von Rollenpaaren mit weichen Eisenkernen, wie wir sie bei der Clarke'schen Maschine kennen gelernt haben. In der Ruhelage steht jeder weiche Eisenkern dieser Rollen vor einem Magnetpole und bildet gleichsam den Anker des Magneten. Alle Rollenpaare stehen mit einer Axe in Verbindung, die man auf irgend eine Weise in Rotation versetzen kann.

Dreht sich diese Axe, so entfernt oder nähert sich jede Rolle einem fixen Magnetpole und es entsteht also ein Inductionsstrom, so daß durch die Hundertzwölf partiellen Inductionsströme in ihrer Vereinigung ein einziger Strom von gewaltiger Stärke erhalten wird. Dieser Strom wird durch die Kohlen geleitet und da die Axe sehr schnell rotirt, so folgen die inducirten Ströme in umgemein kurzen Zeitintervallen auf einander und das Licht wird continuirlich wie bei einem Batteriestrome.

Je schneller nämlich die Axe und damit die Rollen

rotiren, um so mehr inducirte Ströme werden erzeugt, um so kürzere Zeit dauern diese Ströme an, aber auch um so stärker werden sie. Alle diese Bedingungen stehen in Wechselbeziehung zu einander und die Erfahrung zeigt in der That, daß das Licht in dem Maaße heller wird, als die Rotationsgeschwindigkeit wächst, daß jedoch, wenn die Axe 350 bis 400 Umdrehungen in der Minute macht, die Intensität des Lichtes nicht mehr wächst, sondern stationär bleibt. Es entstehen aber in diesem Falle 200 Ströme in der Secunde, das Auge ist also dann nicht mehr im Stande, die Unterbrechungen im electrischen Lichte wahrzunehmen.

Die auf solche Weise entstandenen Inductionsströme haben übrigens abwechselnd noch entgegengesetzte Richtung; die Ueberführung der glühenden Kohlentheilchen findet in Folge davon bald in der einen (von oben nach unten) bald in der anderen Richtung (von unten nach oben) statt und die Kohlen werden also ganz gleichmäßig verzehrt, da die Verbrennung jetzt die einzige Ursache der Abnützung geworden ist. Für gewisse Zwecke kann es von Vortheil sein, stets Ströme von der gleichen Richtung zu haben; man muß dann mit der Maschine noch einen besonderen Apparat verbinden, welcher bewirkt, daß die in ihn eintretenden, abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme stets in der gleichen Richtung durch den äußeren Schließungskreis fließen.

Die Stromintensität bei der Nollet'schen Maschine ist eine ganz gewaltige. Man erhält mit einer Maschine, die den größtmöglichen Effect gibt, eine Lichtstärke, welche dem Lichte von Tausenden von Kerzen gleichkommt.

Um die Axe der Maschine in Rotation zu versetzen, benützt man eine kleine Dampfmaschine und zwar reicht eine Maschine von zwei Pferdekräften vollständig aus. Will man das electrische Licht an einem Orte verwerthen, wo sich bereits eine Dampfmaschine befindet, so hat man blos nöthig, die magnetelectrische Maschine damit durch eine Transmission in Verbindung zu setzen und die Kosten des electrischen Lichtes sinken dann auf ein Minimum herab. Außer der einmaligen Anschaffung des Apparates kommt der Verbrauch der Kohlen in der Stunde etwa auf einen Groschen zu stehen.

In der neuesten Zeit hat man sich außer der Nollet'schen Maschine noch anderer Hilfsmittel bedient, um bei der Erzeugung des electrischen Lichtes die galvanische Batterie als Stromquelle beseitigen zu können. Bei diesen Vorrichtungen spielt der Siemens'sche Inductor, dessen wir bereits bei Gelegenheit der Anwendungen von Magnetinductionsströmen in der Telegraphie Erwähnung gethan haben, eine Hauptrolle.

Am 13. April 1866 zeigte der Engländer Wilde der königlichen Gesellschaft in London seine neue magnetelectrische Maschine vor. Dieselbe bestand aus einer Combination von zwei rotirenden Siemens'schen Inductoren, deren einer einem Systeme von Stahlmagneten zugehörte, während der andere mit einem starken Electromagnete in Verbindung stand. Der Strom des ersten Inductors wurde dazu benützt, den Eisenkern des Electromagneten zu magnetisiren; der Strom des anderen Inductors, der zwischen den Polen dieses Electromagneten rotirte, konnte frei verwendet werden zum Glühen von

Platin- oder Eisendrähten, sowie zur Erzeugung des electrischen Lichtes.

Am 2. Mai 1867 zeigte Wilde bereits eine beträchtlich verbesserte Maschine vor, über welche wir für unsere Leser den Bericht beifügen wollen, den die Zeitschrift „Athenäum" darüber gebracht hat.

„In der Maschine selbst lag schon etwas Achtung gebietendes, da die Electromagnete aus 4 Fuß hohen und 10 Zoll dicken, 14 Centner Kupferdraht enthaltenden Schenkeln bestand, zwischen denen eine Armatur lag, die durch eine außerhalb des Gebäudes aufgestellte Dampfmaschine von 15 Pferdekräften mit einer Geschwindigkeit von 1500 Umgängen in der Minute gedreht wurde. Um und um flogen die Cylinder und jede Drehung sandte neue electrische Ströme in die Electromagnete, als plötzlich der freie Strom mit voller Kraft zu einem am Ende des Versuchslocales aufgestellten Kohlenlichtregulator geleitet wurde, und sofort zwischen den fingerdicken Kohlenstäben ein ungemein intensives electrisches Licht vor den Augen der Zuschauer aufflammte, das sie ebenso blendete wie der Glanz der Mittagssonne, und alle Ecken und Winkel des großen Zimmers mit einem Glanze erleuchtete, der den Sonnenschein übertraf und gegen welchen die hellbrennenden Gasflammen in der Mitte des Zimmers braun erschienen. Ein in der Richtung des Lichtstrahles gehaltenes Brennglas brannte Löcher in Papier, und wer die Wärme mit ausgestreckter Hand auffing, konnte dieselbe in einer Entfernung von 150 Fuß noch deutlich wahrnehmen. Dann spannte man eine lange, eiserne Drahtschlinge in die Leitung ein; nach wenigen Minuten

glühte der Draht, nahm eine mattrothe Farbe an, wurde weißglühend und fiel in glühenden Stücken zu Boden. Ebenso wurde ein kurzes Stück Eisen von der Dicke des kleinen Fingers geschmolzen und verbrannt; aber alle diese Versuche wurden überstrahlt von dem Schmelzen eines Platindrahtes von mehr als $^1/_4$ Zoll Durchmesser und 2 Fuß Länge."

Die Wilde'sche Maschine wurde denn auch auf den Leuchtthürmen der englischen Küsten aufgestellt; allein auch für Verwendung derselben zu industriellen Zwecken sind mehrfache Versuche angestellt worden. So hat z. B. Elkington in Birmingham sie bei seinen großen galvanoplastischen Arbeiten in Anwendung genommen; eine andere Fabrik in Whitechapel benützt den electrischen Strom zur Erzeugung von Ozon, um dieses als Bleichmittel zu verwenden; in den photographischen Ateliers von Woodbury und von Saxou & Comp. in Manchester dienen Wilde'sche Maschinen zur Erzeugung eines intensiven electrischen Lichtes, um mittelst desselben zu jeder Zeit und unter allen Witterungsverhältnissen das Druckverfahren zu beschleunigen. In dem letztgenannten Etablissement soll der Apparat bei Tag und Nacht in Thätigkeit sein, so daß dasselbe die Herstellung der schärfsten photographischen Abdrücke innerhalb 24 Stunden garantirt.

Um dieselbe Zeit als Wilde sich mit der Vervollkommnung seiner Maschine beschäftigte, machte auch Werner Siemens nach dieser Richtung hin Versuche und gelangte so schließlich dahin, einen Apparat zu construiren, bei welchem weder Batterie noch Stahlmagnete für die Stromerzeugung erforderlich sind.

Wenn man nämlich in einem Electromagneten den Strom durch den Draht hindurchsendet, so wird der Eisenkern magnetisch; sobald man den Stromkreis unterbricht, verschwindet der Magnetismus, allein nicht vollständig, eine geringe magnetische Kraft bleibt zurück. Dieser remanente Magnetismus ist es nun, welchen Siemens bei seinem dynamoëlectrischen Apparate zur Erzeugung von starken Strömen verwendet hat.

Derselbe besteht im Wesentlichen aus einem doppelschenkeligen Electromagneten, durch dessen Draht von Anfang an ein Strom hindurchgesendet und so im Eisenkern remanenter Magnetismus erzeugt wurde. Zwischen den Polen dieses Electromagneten rotirt ein Siemens'scher Inductor, dessen Drahtenden mit den Enden des Electromagnetdrahtes in Verbindung stehen. Der schwache remanente Magnetismus inducirt nun in dem rotirenden Inductor anfangs schwache Ströme; diese schwachen Ströme umkreisen den Electromagnet, dadurch kommt in diesem noch neuer Magnetismus zu dem remanenten Magnetismus hinzu. Der auf solche Weise stärker magnetisch gewordene Eisenkern des Electromagneten inducirt jetzt stärkere Ströme in dem Juductor als zuvor; da diese stärkeren Ströme aber wieder den Electromagneten umkreisen, so nimmt der Magnetismus in demselben neuerdings zu, die inducirten Ströme werden noch kräftiger und so kann man durch fortgesetztes Drehen des Inductors schließlich Ströme erzeugen, die stark genug sind, um ein intensives electrisches Kohlenlicht hervorzurufen.

Mitte Januar 1867 machte Siemens der Berliner

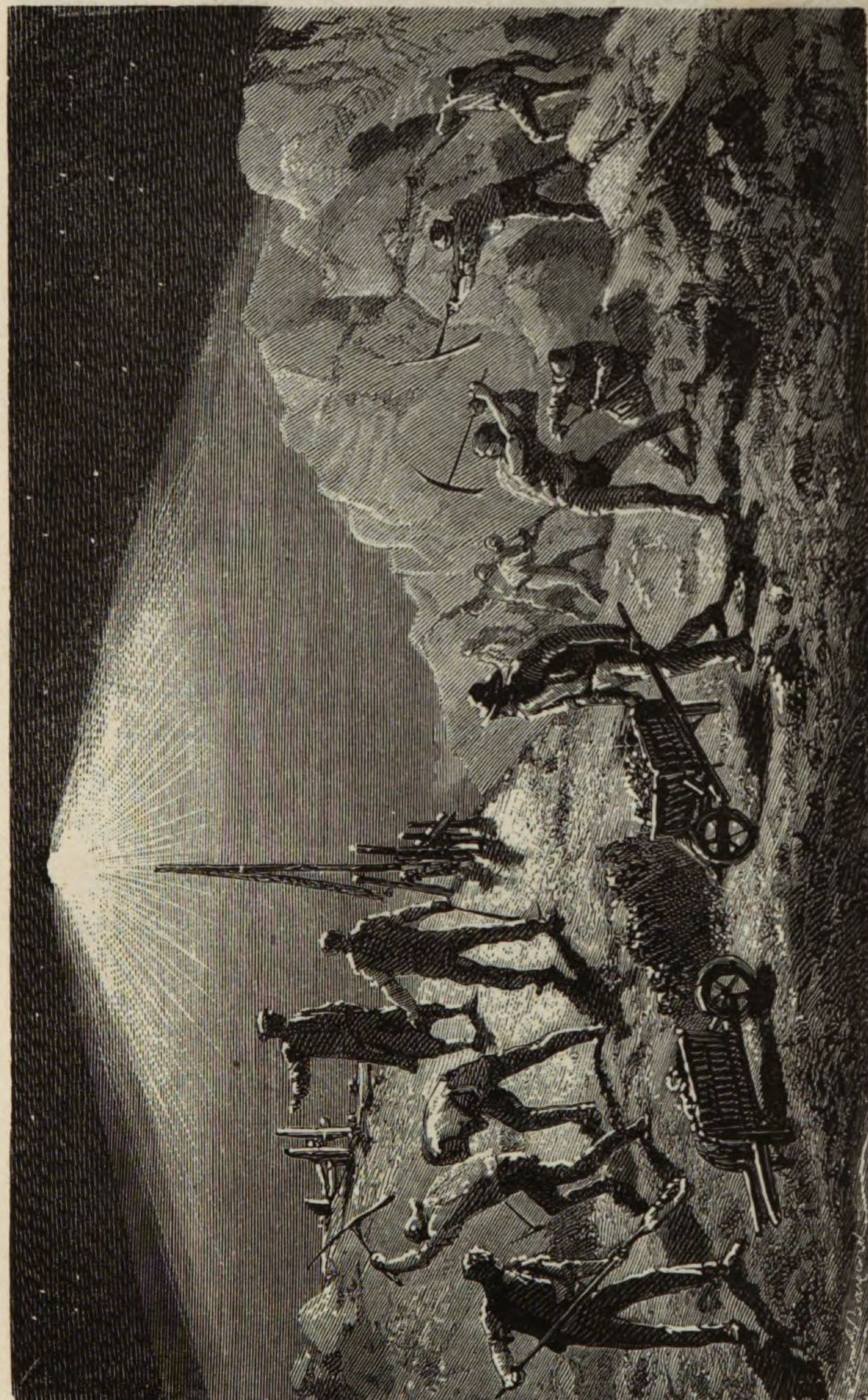


Fig. 97.

Academie Mittheilung über die neue Maschine; auf der Pariser Ausstellung befand sich bereits eine Maschine, die vom Engländer Ladd construirt war und bei welcher zwei Siemens'sche Inductoren zur Anwendung kamen.

Die Ladd'sche Maschine zeigte an einem eingeschalteten Kohlenlichtregulator das electrische Licht in großer Intensität; sie war im Stande, einen Platindraht von 1 Meter Länge und einen halben Millimeter Dicke seiner ganzen Länge nach zum Glühen zu bringen u. s. f.

Dies wären denn die Kraftquellen, deren man sich bisher zur Erzeugung des electrischen Lichtes bedient hat; wir wollen nun aber auch die Anwendungen kennen lernen, die man bisher von demselben machte.

Mit großem Erfolge wurde das electrische Licht bei Bauten angewendet, wenn es sich darum handelte, die Arbeiten während der Nacht nicht zu unterbrechen (Fig. 97). Zuerst geschah dies bei den großartigen Neubauten, womit Napoleon III. die Stadt Paris verschönert hat. Auch die Schachten der Bergwerke hat man mittelst des electrischen Lichtes zu erleuchten versucht, um die vielen Lampen zu beseitigen, welche die Arbeiter tragen und die doch nur die nächste Umgebung spärlich erhellen.

Oeffentliche Plätze sind gleichfalls schon mit electrischem Lichte beleuchtet worden; doch ist dasselbe noch immer eine zu kostspielige Lichtquelle, um weiter angewendet zu werden als bei großen Festlichkeiten. In großartigem Maßstabe war das electrische Licht bei den Illuminationen des Concordiaplatzes und der Eliseischen Felder in Paris am 15. August, dem Napoleonstage, vertreten. Eine wahrhaft magische Wirkung übte das Kohlenlicht, wenn

es durch die gewaltigen Wasserstrahlen des Neptunsbassins der großen Wasserwerke im Versailler Parke geleitet wurde.

Bei Nacht zündet man auf den Schiffen ein großes Leuchtfeuer an, um den Lauf desselben für andere herankommende Schiffe zu signalisiren. Man hat vorgeschlagen, auch hier das electrische Licht anzuwenden, da man die magnetelectrische oder dynamoëlectrische Maschine leicht mit der ohnehin auf dem Schiffe befindlichen Dampfmaschine in Verbindung setzen kann und der neue Foucault'sche Regulator seinen Zweck auch dann noch vollständig erfüllt, wenn er durch die Schwankungen des Schiffes in eine beliebige Neigung gebracht wird.

Auf den Leuchtthürmen an den Küsten ist das electrische Kohlenlicht schon ziemlich allgemein eingerichtet. Das Nähere über die optischen Vorrichtungen hiebei hat bereits Pisko im zweiten Bande der Naturkräfte ausführlich behandelt*), so daß es hier nicht nöthig sein wird, nochmals darauf einzugehen.

Als im Jahre 1846 die Meyerbeer'sche Oper „Der Prophet" im Pariser Opernhause zur erstmaligen Aufführung kam, wurde sowohl für die Herstellung des Sonnenaufganges im 2. Akte als auch für den Brand am Ausgange der Oper das electrische Licht mit größtem Erfolge verwendet. Gegenwärtig dient auf jeder größeren Bühne diese Lichtquelle zur Erzielung aller bedeutenderen Lichteffecte.

Bei den neueren Aufführungen der Oper Moses

*) Seite 118 ff.

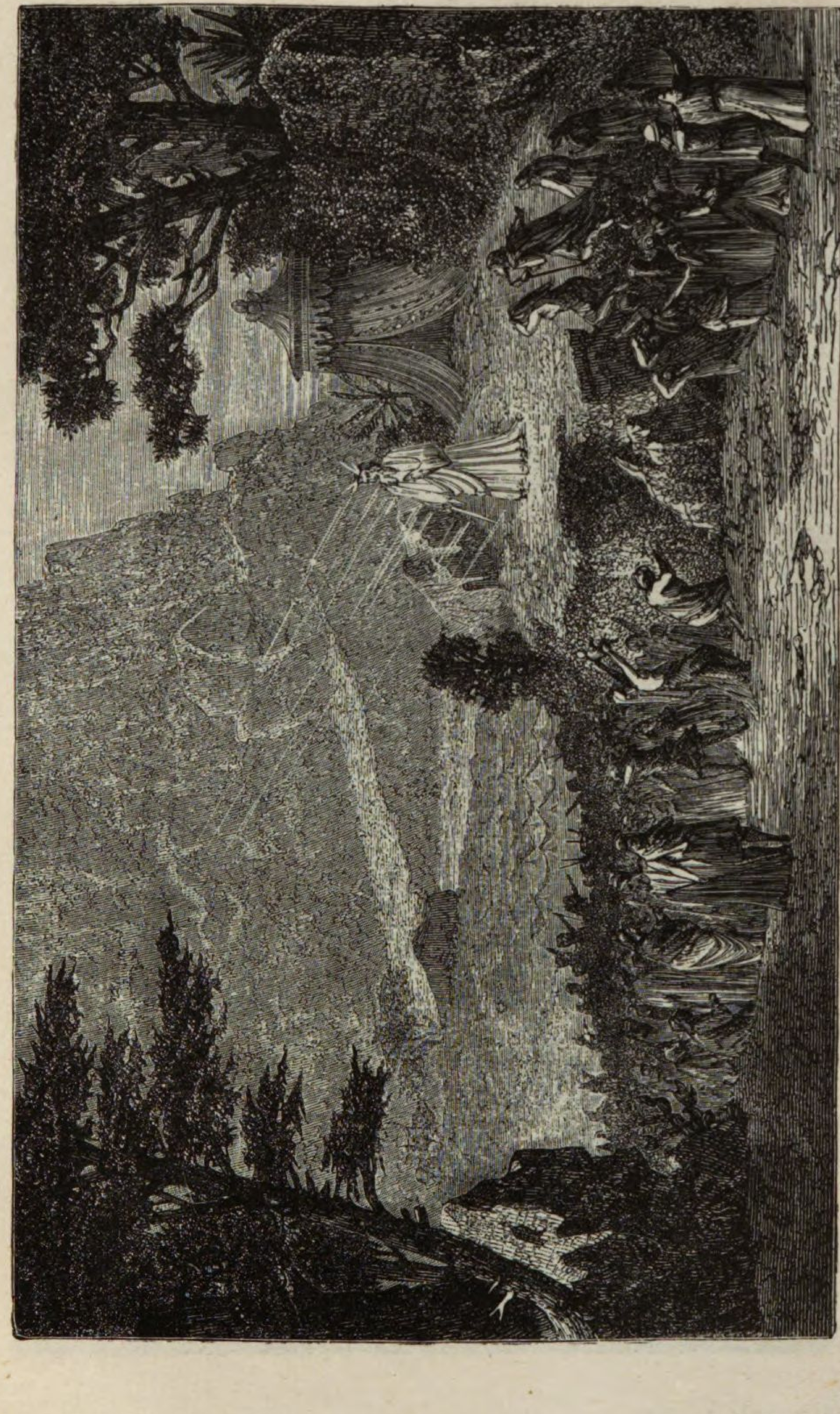


Fig 98.



Fig. 99.

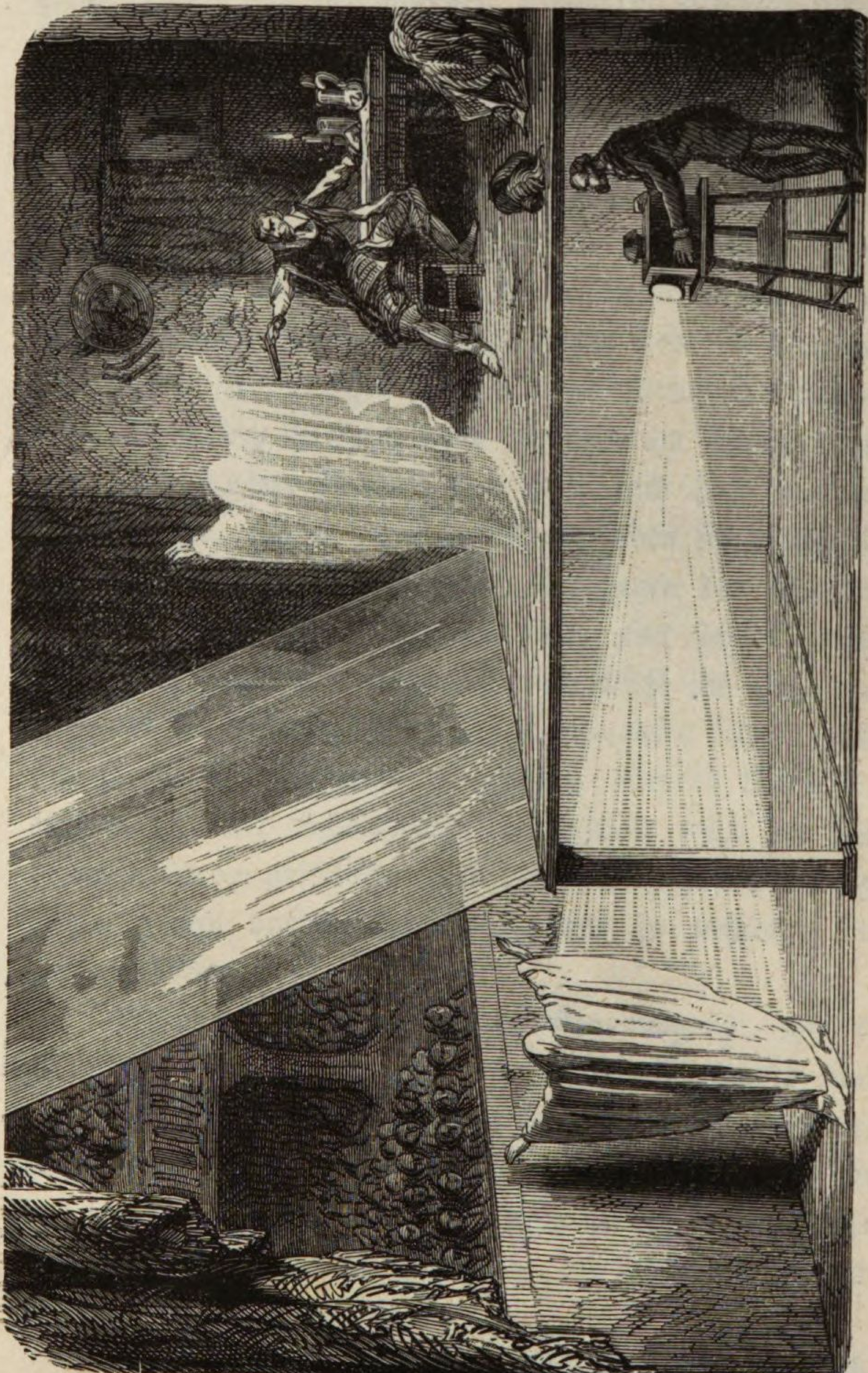
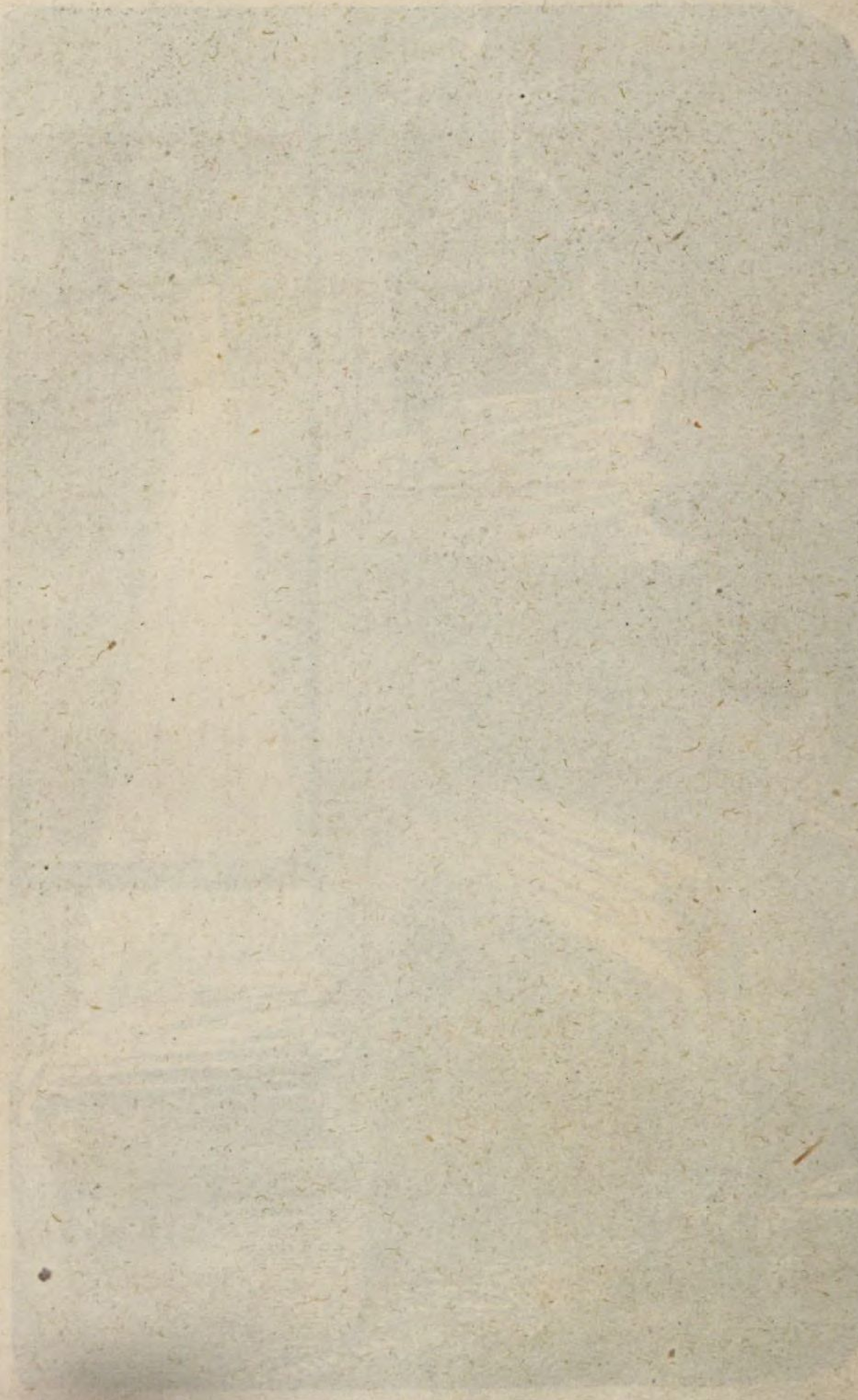


Fig. 100.



z. B., einem der geschätztesten Tonwerke Rossinis, spielt das electrische Licht eine Hauptrolle. Wiewohl die Bühne fast beständig hell erleuchtet ist, geht Moses doch stets von einem blendenden Lichtstrahle umgeben einher. Eine Scene ist besonders überraschend (Fig. 98). Das Volk steht auf freiem Felde, es sehnt sich nach Egypten und verlangt laut die Rückkehr. Da erscheint Moses, seine Augen strahlen Blitze, die ganze Figur steht im blendenden Glanze, sein langer weißer Talar gleicht der Sonne. Noch bevor der Prophet seine Indignation kundgegeben, zittert bei diesem Anblicke das Volk und sinkt auf die Kniee nieder. Hinter den Coulissen befinden sich electrische Lampen, die von beiden Seiten her gegen den Eingang zum Zelte von Moses gerichtet sind; eine dritte Lampe ist im Vordergrunde aufgestellt und wirft ihr Licht von vorn auf den Schauspieler. Die Lichtstrahlen durchkreuzen sich gerade am Eingange des Zeltes. Sobald dieses sich aufthut und der Schauspieler hervortritt, wird der galvanische Strom geschlossen und der Acteur, dessen Bewegungen genau vorgezeichnet sind, steht so beständig im hellsten Lichte.

Selbst zur Erscheinung des Regenbogens, wie er gleichfalls im Moses, im Wagner'schen Rheingold und anderen Opern vorkommt, dient das electrische Licht; es ist dann vor dem Regulator ein krummer Spalt und ein Flintglasprisma aufgestellt und kann an der beabsichtigten Stelle ein gekrümmtes Spectrum als Regenbogen entworfen werden. (Fig. 99.)

Bei den Geistererscheinungen*) (Fig. 100) gebraucht

*) Pisko Licht und Farbe, II. Bd. d. Naturkräfte p. 160.

man das electrische Licht dazu, die Person, welche sich in einer Versenkung unter dem Boden befindet und den Geist darstellt, intensiv zu beleuchten, damit ihr Spiegelbild noch hell genug wird, um im Zuschauerraume die entsprechende Wirkung hervorzubringen.

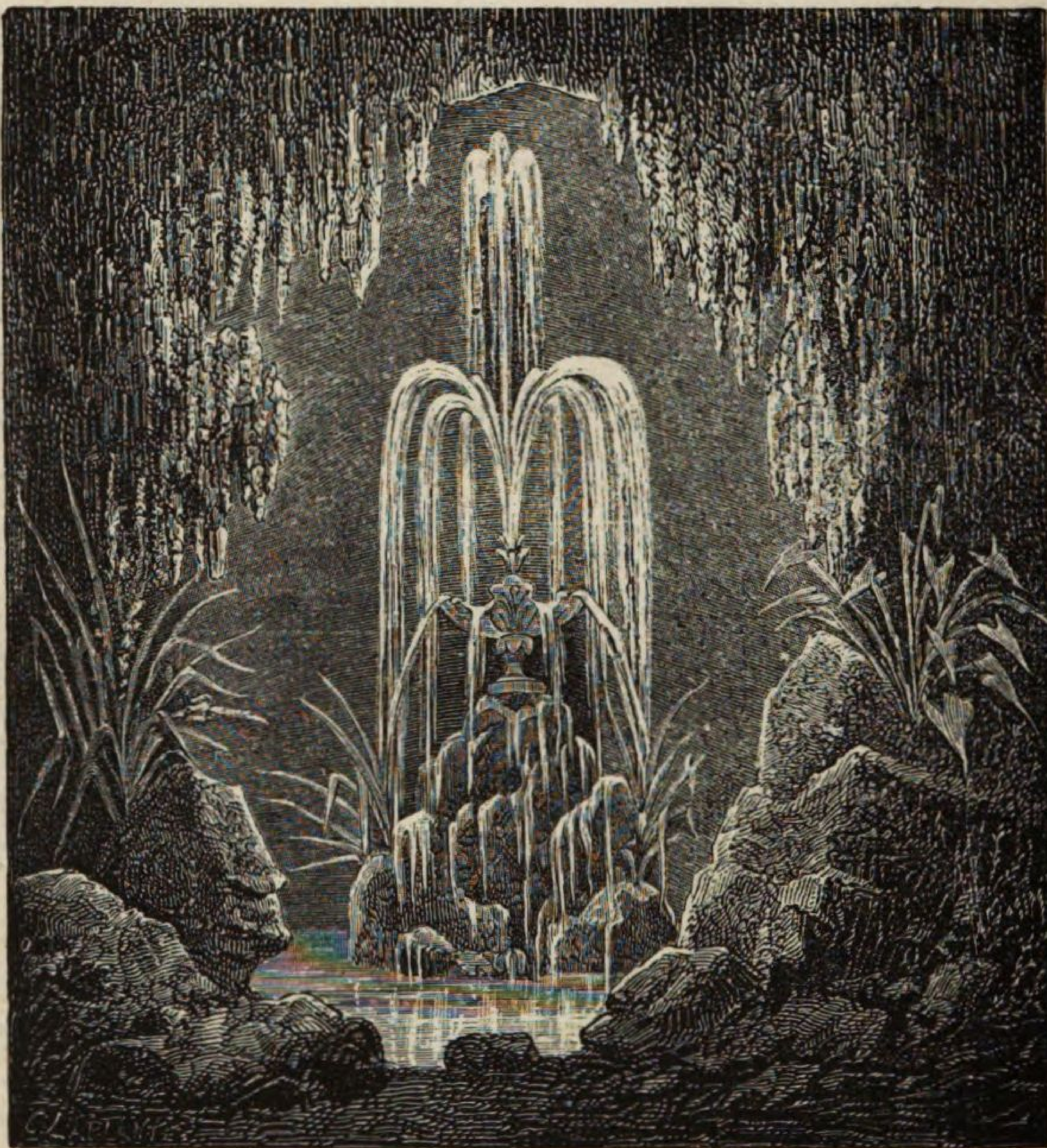


Fig. 101.

Eine der schönsten Erscheinungen, bei welchen das electrische Licht auf der Bühne zur Anwendung kommt, ist der leuchtende Springbrunnen (Fig. 101), welcher dem Publikum unter den phantastischsten Bezeichnungen als

Kalospindechromokrene oder Chromatychechata-raktapoikile vorgeführt wird. Das Ganze ist weiter nichts als ein auf dem Theater befindlicher Springbrunnen, durch dessen Wasserstrahlen das electrische Licht hindurch gesendet wird; die prächtigen Farbenerscheinungen werden durch farbige Gläser erzeugt, die vor dem Regulator in den Lichtkegel gebracht werden.

Die schönste Unterhaltung sowohl als auch nützliche Belehrung bietet das photoëlectrische Mikroskop (Fig. 101), dessen Einrichtung sich von der des Sonnenmikroskopes blos dadurch unterscheidet, daß anstatt der Sonne hier das Kohlenlicht zur Beleuchtung des mikroskopischen Objectes verwendet wird. Das Mikroskop wird gewöhnlich mit der electrischen Lampe direct verbunden und auf einem entfernten Schirme das gewaltig vergrößerte Bild des kleinen Objectes aufgefangen. Man erhält dann ein sogenanntes objectives Bild d. h. es kann dasselbe von vielen Personen zugleich wahrgenommen werden.

Das Licht des galvanischen Bogens wird, wie wir oben gesehen haben, erzeugt durch die Ueberführung der glühenden Kohlentheilchen und durch die sehr energische Verbrennung der Kohlenstiften selbst. Es kann uns nicht befremden, daß durch diese intensive Lichtquelle auch eine ungemein große Wärme erzeugt wird. Bringt man zwischen die Kohlenspitzen einen Eisendraht, so schmilzt zuerst dieses Metall, verbrennt dann und sprüht nach allen Seiten hin glühende Funken. Selbst die am schwersten schmelzbaren Metalle, wie Silber, Gold, Platin werden in kleinen Mengen geschmolzen und verflüchtigt.

Werden bei Erzeugung des Volta'schen Lichtbogens

reine Kohlen verwendet, so ist das Licht desselben vollkommen weiß; enthält die Kohle, was fast immer der Fall ist, Chlornatrium, so ist die Farbe des Lichtes gelb-

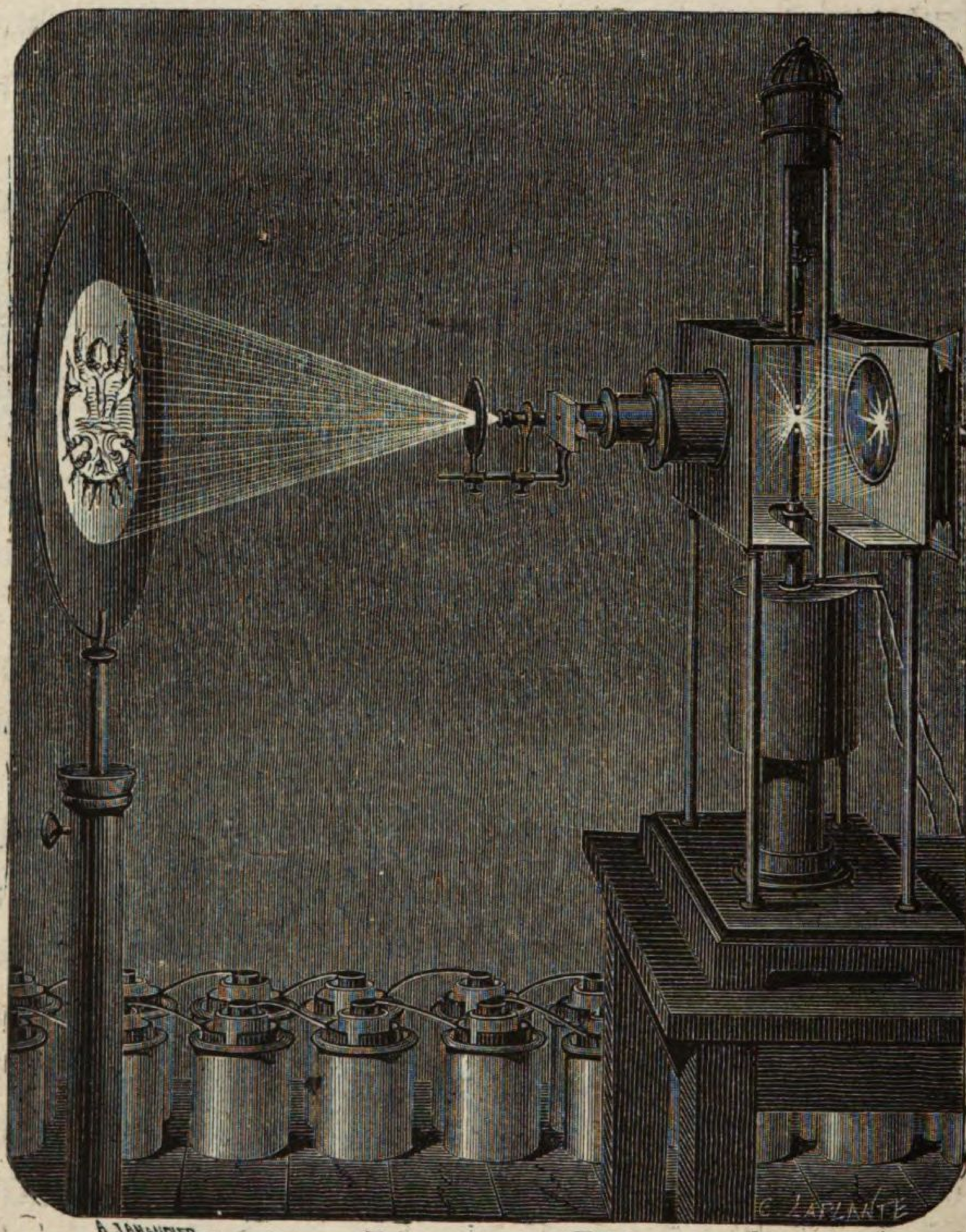


Fig. 102.

lich; wir beobachten diese gelbe Färbung auch bei allen anderen Flammen, wie bei der des Leuchtgases, der Kerzen

und Oelflamme in noch höherem Grade, da diese Substanzen stets und zwar in großer Quantität Natrium enthalten.

Wir können das electrische Licht aber auch künstlich färben. Nimmt man ganz reine Kohlenstiften und schneidet man die untere Kohle, welche den positiven Pol bildet, in Form eines kleinen Näpfchens aus, bringt dann in die Aushöhlung kleine Stückchen verschiedener Metalle und läßt jetzt das Licht aufleuchten, so werden die Metallstückchen geschmolzen und in Dampf verwandelt — das Licht selbst aber wird gefärbt und zwar sehr verschieden je nach der Natur des verbrannten Metalles. Bringt man Kupfer in die untere Kohle, so wird der galvanische Lichtbogen blau, mit Zink wird er violett, mit Lithium roth. Diese Färbung hält jedoch blos solange an, bis das eingelegte Metallstückchen vollständig verflüchtigt ist.

Wollen wir farbige Flammen einer näheren Untersuchung unterwerfen, so lassen wir das Licht derselben durch ein Flintglasprisma hindurchgehen d. h. wir entwerfen ein sogenanntes Spectrum, welches uns die einzelnen farbigen Bestandtheile der betrachteten Lichtquelle erkennen läßt.

Wenn wir einen Sonnenstrahl durch eine feine Oeffnung im Fensterladen eines finstergemachten Zimmers eintreten und auf ein Glasprisma fallen lassen, so entsteht hinter dem Prisma das Sonnenspectrum, von dem unsere Leser wissen, daß dasselbe durch sieben Hauptfarbentöne — Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett — hindurch aus einer unendlichen Anzahl von Einzelnfarben zusammengesetzt ist. Die Aufeinanderfolge

dieser Einzelnfarben ist aber keine continuirliche; denn wenn wir das Sonnenspectrum durch geeignete Apparate — Spectroskope — näher untersuchen, so finden wir darin eine ungemein große Anzahl von Unterbrechungen, die sich als die Fraunhofer'schen dunklen Linien darstellen.

Entwerfen wir ganz in der gleichen Weise ein Spectrum des electrischen Lichtes, das an Stiften ganz reiner Kohle erzeugt wurde, so zeigt dasselbe die gleichen Farben wie das Sonnenspectrum, nur fehlen alle Unterbrechungen — wir haben ein continuirliches Spectrum.

Enthält die Kohle Natrium oder bringen wir solches in die Aushöhlung des unteren Kohlenstiftes, so zeigt sich im Gelb des continuirlichen Spectrums eine ungemein helle Linie, welche lediglich dem Spectrum dieses Metalles eigen ist. Lassen wir ein anderes Metall verbrennen, so erhalten wir je nach der Natur desselben andere helle Linien, worüber im 2. Bande der Naturkräfte *) das Nähere nachgelesen werden kann.

Wir wollen bei dieser Gelegenheit noch einer optischen Erscheinung Erwähnung thun, welche wir erhalten, wenn wir vor einem Spectroskope eine Influenzelectrisirmaschine aufstellen und das Spectrum des Funkens derselben betrachten. Benützen wir dabei Leydener-Flaschen als Condensatoren, so zeigt sich im Spectralapparate ein Spectrum, welches von einer ziemlichen Anzahl von hellen Linien in analoger Weise durchzogen ist wie das Sonnenspectrum von den dunklen Fraunhofer'schen Linien.

Diese hellen Linien sind gegenüber den Fraunhofer'-

*) Seite 330 ff.

schen Linien sehr breit, im brechbareren — dem blauen und violetten — Theile des Spectrums werden sie förmliche Bänder.

Ein ganz anderes Spectrum entsteht, wenn wir die Leydener-Flaschen entfernen und das Licht des uncondensirten Funkens in das Spectroskop eintreten lassen. Hier haben wir es blos mit einer Anzahl breiter, dunkler Bänder zu thun, welche namentlich im brechbareren Theile des Spectrums hervortreten und durch schmale, helle Zwischenräume der entsprechenden Farben von einander getrennt sind. Ein ganz ähnliches Spectrum erhalten wir, wenn wir den Funken eines Inductionsapparates durch eine mit Stickstoff gefüllte Geißler'sche Röhre gehen lassen und das Licht desselben mittelst eines Spectroskopes analysiren.

Das electrische Licht ist das intensivste Licht, das wir künstlich herzustellen vermögen. Rechnen wir die Intensität des Sonnenlichtes gleich der von 22500 Carcel'schen Lampen, so kommt das electrische Licht in seiner größtmöglichen Stärke trotzdem erst 125 solcher Lampen an Leuchtkraft gleich.

Wir besitzen übrigens einige andere sehr intensive, künstliche Lichtquellen, welche wir zum Schlusse dieses Capitels noch in Kürze vorführen wollen.

Leitet man ein Volumen Sauerstoffgas und zwei Volumen Wasserstoffgas zusammen, so erhält man ein Gasgemenge, das wir bereits als das sogenannte Knallgas kennen gelernt haben.

Führen wir nun einen Strom dieses Gasgemenges über ein Stück Kreide oder einen Zirkonstift weg und entzünden es, so entsteht ein ungemein intensives, vollkommen weißes Licht, das, bevor das electrische Licht bekannt war, vielfach auf den Theatern oder zur Beleuchtung der Gegenstände im objectiven Mikroskope, welches man in diesem Falle Hydrooxygengas-Mikroskop genannt hat, verwendet wurde. Anstatt des Wasserstoffgases kann man sich auch des gewöhnlichen Leuchtgases bedienen, doch verliert das Licht dadurch bedeutend an Helligkeit und Reinheit. Zuerst wurde diese Lichtquelle im Jahre 1828 von Drummond, einem englischen Marineofficier, zur Signalbeleuchtung gebraucht und wird seitdem das Drummond'sche Kalklicht, auch Siderallicht genannt.

In den jüngsten Jahren wurden vielfach Versuche angestellt, das Sauerstoffgas zur Beleuchtung allgemeiner nutzbar zu machen und sind auch in dieser Richtung wirklich bedeutende Fortschritte gemacht worden. Besondere Erwähnung verdient das Verfahren von Philipps in Cöln, welches ein ebenso schönes als leicht und sicher herstellbares Licht liefert. Man denke sich eine gewöhnliche Oellampe mit einem hohlen, cylindrischen Dochte, eine sogenannte Argand'sche Lampe mit einem eigenthümlichen Brennmateriale, das Philipps Carboline genannt, gefüllt, so erhält man vorerst eine ungemein stark rußende Flamme. Leitet man nun durch diese Flamme von deren Mitte aus einen heftigen Strom von Sauerstoffgas, so erhält man ein Licht, das an Intensität dem Drummond'schen Kalklichte jedenfalls gleichkommt.

Ein dem bloßen Auge gleichfalls nicht erträgliches Licht erhält man noch, wenn man Magnesiumdraht entzündet, wozu schon das Hineinhalten desselben in eine Kerzenflamme ausreicht. Dieses Licht zeichnet sich durch seine intensiv blaue Färbung aus und konnte ebendeßhalb mit Vortheil zum Beleuchten von Gegenständen in Anwendung gebracht werden, welche in einem dunklen Raume photographirt werden sollten.

8. Der Electromagnetismus als Triebkraft.

Den Gedanken, die bedeutende Zugkraft, welche ein Electromagnet auszuüben im Stande ist, analog dem Dampfe als Motor für Maschinen zu verwenden, hatte schon im Jahre 1834 Dal Negro im Auge, als er einen Apparat construirte, durch welchen 180 Gramm in der Minute einen Meter hoch gehoben werden konnten.

Um dieselbe Zeit beschäftigte sich auch Jacobi, der berühmte Erfinder der Galvanoplastik, mit der gleichen Frage und brachte es im Jahre 1838 sogar dahin, ein Boot auf der Newa mittelst eines electromagnetischen Motors in Bewegung zu setzen.

Im Wesentlichen beruhen alle hiehergehörigen Einrichtungen darauf, daß man durch einen Electromagnet eine Anziehung bewirkt, dann die Richtung des magnetisirenden Stromes und dadurch auch die Pole des Electromagneten umkehrt, so eine Abstoßung hervorruft, nun wieder die Stromrichtung wechselt und auf diese Weise durch fortgesetzte, geeignete Polwechsel die Anziehungen und Abstoßungen in eine continuirliche Bewegung verwandelt.

Wir wollen nun an ein paar Modellen zeigen, wie sich dieser Satz in der Praxis ausführen läßt.

Der Amerikaner Page hat bei seinem Motor die folgende merkwürdige Erscheinung benützt. Wenn man eine hohle Drahtspirale nimmt, in der Axe derselben einen Cylinder von weichem Eisen frei beweglich aufstellt und nun einen starken galvanischen Strom durch

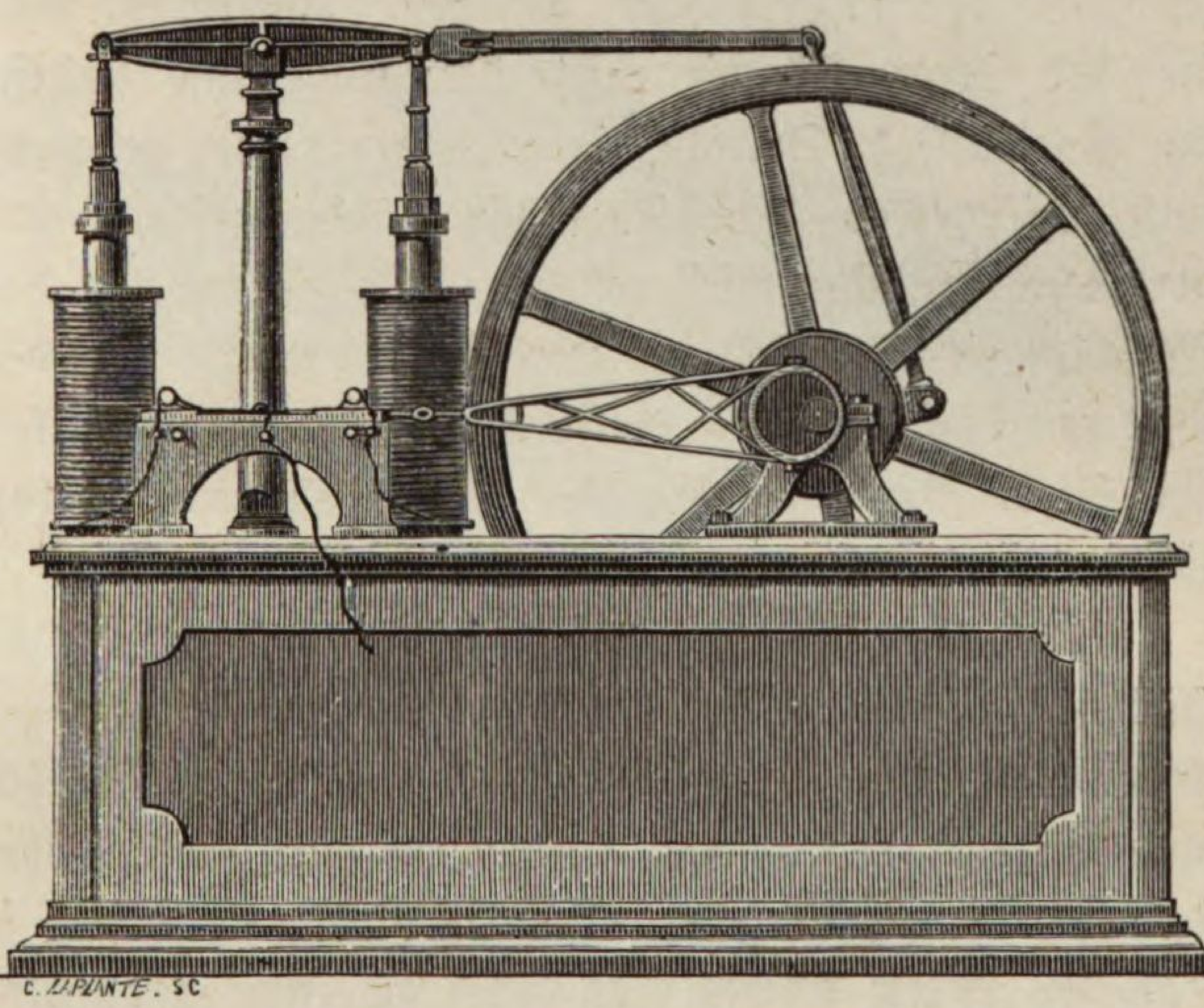


Fig. 103.

den Draht hindurchgehen läßt, so wird der weiche Eisencylinder in die Drahtspirale hineingezogen. Die obige Fig. 103 zeigt eine Page'sche Maschine, wie sie von Bourbouze für die Pariser Universität construirt wurde.

Man sieht hier zwei verticale Drahtspiralen, wie sie zu einem Electromagneten gehören; in dieselben passen

zwei Cylinder von weichem Eisen, die an einem Balançier befestigt sind, so daß während der eine Cylinder sich im Innern seiner Drahtspirale befindet, der andere Cylinder außerhalb der ihm zugehörigen Drahtrolle steht. Läßt man jetzt den Strom blos durch die rechtsstehende Rolle gehen, so wird auch der rechte Eisencylinder in dieselbe hingezogen, der Balançier dadurch auf dieser Seite gesenkt, auf der anderen Seite gehoben. Unterbricht man nun den Strom für die rechte Drahtrolle und schließt ihn für die linke Spirale, so wird der vorher gehobene linke Cylinder in seine Drahtspirale hinabgezogen und der rechte Cylinder wird gehoben. Es ist nun an der Maschine eine Vorrichtung angebracht, welche bei der Bewegung automatisch in entsprechender Weise abwechselnd den Strom durch die eine oder andere Drahtrolle gehen läßt.

Diese Vorrichtung besteht einfach aus zwei Metallstücken, die durch eine Elfenbeinplatte von einander getrennt sind; ein kleiner Metallschieber gleitet darauf hin und her und kommt bei dieser Bewegung einmal über das eine Metallstück, dann über das andere zu stehen, so daß der Strom einmal blos durch die eine, dann blos durch die andere Drahtspirale gehen kann. Der Metallschieber wird durch eine Excentrik in analoger Weise wie der Schieber an der Dampfmaschine bewegt.

An dem Balançier ist eine Bleuelstange angebracht und mit dieser ein Schwungrad verbunden wie bei einer gewöhnlichen Niederdruckdampfmaschine, wodurch die hin- und hergehende Bewegung des Balançiers in eine drehende Bewegung verwandelt wird.

Sehr sinnreich ist auch der electromagnetische Motor, wie ihn **Froment** construirt hat und den Fig. 104 darstellt. Eine um eine Axe leicht drehbare Holzrolle trägt regelmäßig auf ihrem Umfange vertheilt acht weiche Eisenstücke. Um diese Rolle herum befindet sich ein starkes

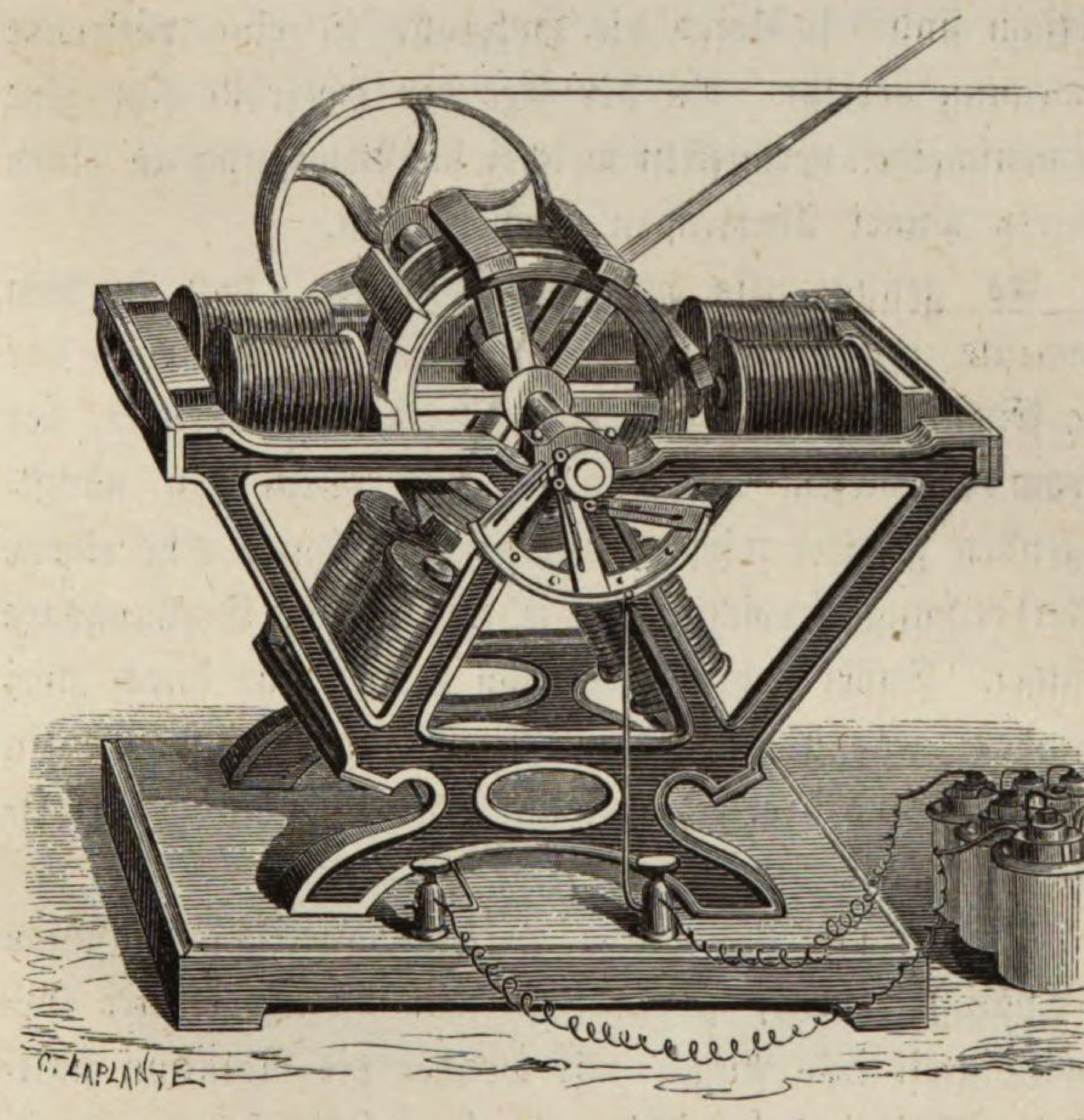


Fig. 104.

Gestell mit sechs doppelschenkeligen Electromagneten, wovon jedoch in der Figur die beiden oberen der Uebersicht halber weggelassen sind.

Geht nun der Strom durch einen der Electromagnete, so zieht derselbe das nächst gelegene Eisenstück an der Holzrolle an und bewirkt dadurch eine kleine Drehung

derselben. Sobald das Eisenstück vor dem Electromagnet steht, wird der Strom in demselben unterbrochen und durch den nächstfolgenden Electromagnetdraht gelassen, welcher wieder die gleiche Wirkung ausübt. Da nun die sechs Electromagnete nach der gleichen Richtung hin wirksam sind, so wird die Holzrolle in eine rotirende Bewegung versetzt. An der Axe der Holzrolle sitzt eine Riemenscheibe, vermittelst welcher die Bewegung an einen anderen Punct übertragen werden kann.

Es genügt also bei diesem Motor, daß in dem Momente, wo eines der Eisenstücke an der Holzrolle vor dem Eisenkerne eines der sechs Electromagnete steht, der Strom in diesem unterbrochen und durch den nächstfolgenden geleitet wird. Dies geschieht durch eine eigene Unterbrechungsvorrichtung, die sich an der Drehungsaxe befindet. Dabei geht der Strom immer nur durch zwei einander gegenüberstehende Electromagnete, welche in gleichem Sinne drehend auf die Eisenstücke an der Holzrolle einwirken.

Wenn man eine solche electromagnetische Maschine in Thätigkeit sieht, so fällt sogleich die ungeheure Geschwindigkeit in's Auge, mit welcher die Rotation stattfindet. Allein dabei reicht auch ein relativ sehr geringer Widerstand aus, die Bewegung zu hemmen oder wenigstens beträchtlich zu verlangsamen. Bei den kleinen Modellen, welche Froment ausgeführt hat, reicht schon eine Berührung der Holzrolle mit den Fingern hin, um die Maschine zum Stehen zu bringen.

Wir könnten unseren Lesern noch eine große Menge von Modellen vorführen, wie sie von Stöhrer, Kra-

vogl und vielen Anderen ausgedacht wurden; eine eigentliche Bedeutung hat jedoch keine dieser Maschinen gewonnen, eben weil keine eine beträchtliche Kraftleistung auszuführen vermag.

Die ganze Anwendung, welche man bisher von den Electromotoren gemacht hat, beschränkt sich deshalb auf einige Versuche und Spielereien. So hat Gaiffe einen kleinen Apparat (Fig. 105) construirt, bei welchem

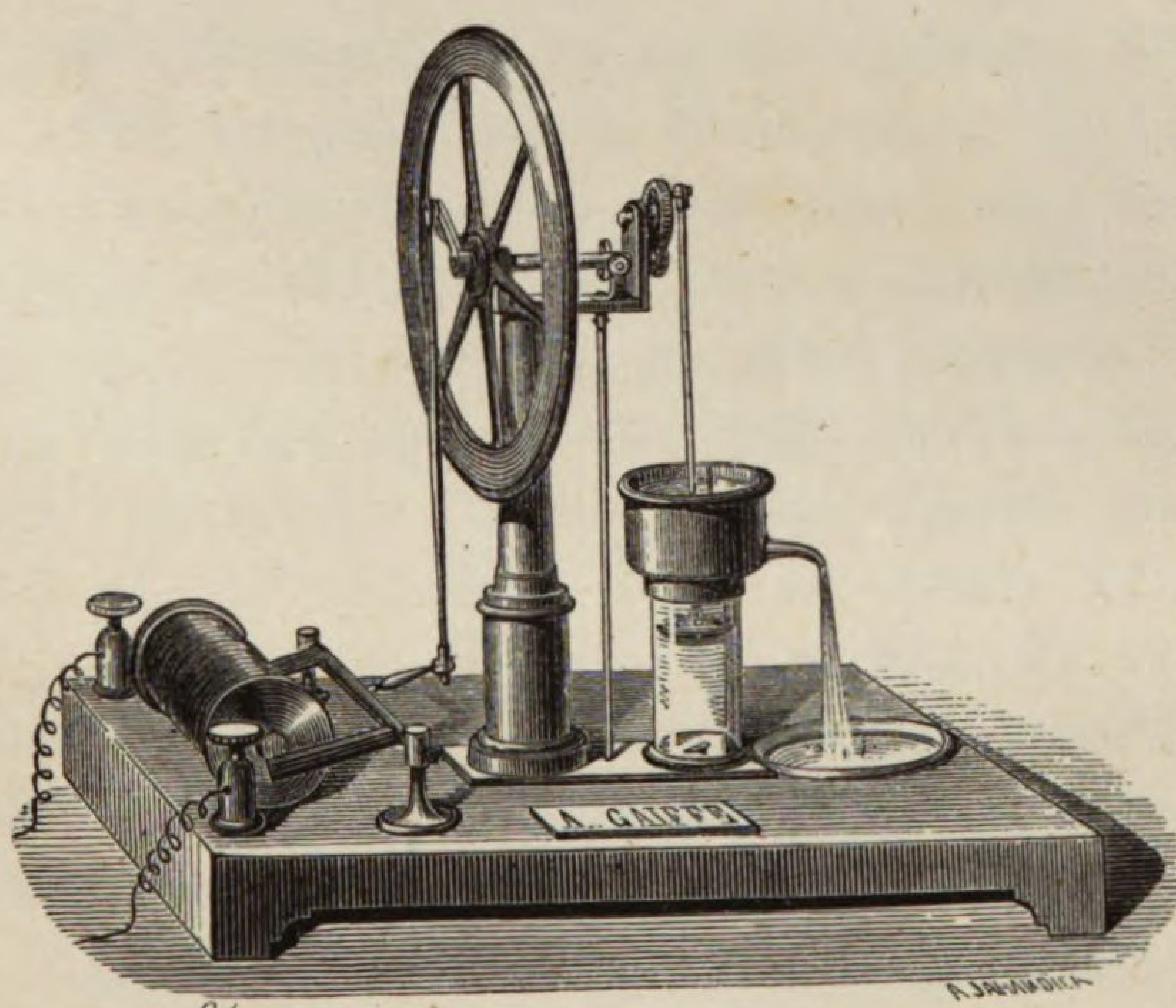


Fig. 105.

durch einen electromagnetischen Motor eine kleine Pumpe in Thätigkeit versetzt werden kann. Auch Geißler'sche Röhren hat man auf gleiche Weise in Rotation versetzt u. dgl.

Es ist zwar, wie erwähnt, Jacobi gelungen, ein Boot mit 12 Personen durch eine electromagnetische

Maschine zu treiben; ferner hat Page sogar eine kleine Locomotive durch seinen Motor in Gang gesetzt; allein diese Versuche verlangten einen so beträchtlichen Kostenaufwand, daß abgesehen von allen anderen Gründen schon dieser Punct es ist, welcher an eine Vervollkommnung der electromagnetischen Motoren und damit an eine Verdrängung des Dampfes zur Zeit wenigstens nicht denken läßt.

9. Die Galvanoplastik.

Die Galvanoplastik ist eine Erfindung der Neuzeit. Man hat zwar versucht, die Ausübung dieser Kunst schon den alten Aegyptern zuzuschreiben, weil man in den Gräbern von Theben und Memphis verschiedene Objecte vorgefunden hat, die mit einer ungemein feinen Kupferschichte überzogen waren, welche unter dem Mikroskope ein ähnliches Ansehen zu bieten schienen wie die galvanischen Niederschläge. Allein die Beweise sind nicht ausreichend und die Erfindung gehört entschieden unserem Jahrhunderte an, wo sie mit Bewußtsein gemacht und auf Grund der genau erkannten Vorgänge weiter ausgebildet wurde.

Im Jahre 1830 machte de la Rive in Genf, als er sich mit dem Studium der galvanischen Batterie beschäftigte, die Wahrnehmung, daß der metallische Niederschlag in derselben an seiner Oberfläche alle Structurzeichnungen der Platte, welche er bedeckte, genau wiedergab.

Im Oktober 1838 zeigte Jacobi der Petersburger Academie an, daß es ihm gelungen sei, Kupferplatten herzustellen, welche einen exacten Abdruck einer vertieft in eine andere Platte gravirten Zeichnung bildeten. Um

dieselbe Zeit machte Spencer in England, ohne von Jacobis Versuchen Kenntniß zu haben, die gleiche Entdeckung. Man fand, daß die Kupferniederschläge geeignet seien, um Medaillen und Bas Reliefs zu copiren, sowie auch als Buchdruckerstöcke zu dienen.

Jacobi setzte seine Versuche weiter fort und beschrieb in einem Briefe an Faraday, datirt vom 12. Oktober 1839, der im Athenaeum veröffentlicht wurde, die galvanoplastischen Verfahrungsweisen; zugleich wies er auf die industrielle Verwerthung derselben hin. Jacobi wird deshalb überall als der Haupterfinder der Galvanoplastik d. i. der Kunst, Kupferniederschläge über bestimmte Formen mittelst des galvanischen Stromes herzustellen, betrachtet werden.

De la Rive nahm nun seine Versuche wieder auf und gelangte dahin, Niederschläge von Gold und Silber herzustellen; allein das von ihm angegebene Verfahren war nicht industriell verwerthbar. Erst Elkington fand ein praktisches Verfahren für Goldniederschläge, das noch heute angewendet wird und das er an Christofle verkaufte, dessen Etablissement auch in Deutschland allgemein bekannt ist.

Galvanische Vergoldung und Versilberung.

Das Wesen der galvanischen Vergoldung besteht in der Zersetzung von Goldsalzlösungen durch den galvanischen Strom.

Läßt man durch eine solche Lösung, die in geeigneter Weise hergestellt sein muß, einen galvanischen Strom gehen, nachdem man zuvor die zu vergoldenden Objecte

in die Lösung eingehängt hat, so schlägt sich auf denselben das metallische Gold nieder — sie werden vergoldet.

So einfach die Sache dem Principe nach ist, so sind bei der practischen Ausführung doch eine Reihe von Manipulationen auszuführen und Vorsichtsmaßregeln zu beobachten.

Die erste Manipulation besteht in der Präparation der zu vergoldenden Objecte; sie ist zugleich auch die wichtigste, denn der ganze Erfolg der übrigen Operationen hängt davon ab. Will man verschiedene Metalle vergolden, so müssen die einzelnen Stücke auch wieder verschieden präparirt werden.

Die Gegenstände, wie sie aus den Händen des Fabrikanten und des Ciseleurs kommen, sind nämlich stets mit einer dünnen Fettschichte bedeckt, welche ein festes Anhaften des Goldes verhindern würde. Es müssen deshalb diese Objecte decapirt d. h. ihre Oberfläche muß vollkommen rein metallisch hergestellt werden.

Zum sogenannten Bade, in welches die zu vergoldenden Objecte getaucht werden, nimmt man Lösungen von Cyanverbindungen mit Gold. Fast jede Fabrik hat hier ihre eigene Mischung, im Wesen kommen sie alle auf das Gleiche hinaus.

Der Apparat, dessen man sich bedient, um die Niederschläge herzustellen, ist dann ungemein einfach. Er besteht (Fig. 105) aus einem oder mehreren galvanischen (Bunsen'schen, Daniell'schen ꝛc.) Elementen, deren Poldrähte zu zwei Metallstäben geführt werden, die über dem in einem Troge von Glas, Terracotta oder auch Holz befindlichen Goldbade aufgehängt sind. An dem

negativen Stabe, welcher mit dem Zinkpole des Elementes in Verbindung steht, werden die zu vergoldenden Objecte an geeigneten metallenen Hacken aufgehängt, an dem anderen Stabe hängt ein Goldblättchen in das Bad hinein.

Der im Elemente erzeugte galvanische Strom ist so durch lauter gute Leiter vollkommen geschlossen, allein beim Durchgange des Stromes durch die Flüssigkeit des Bades erfährt derselbe eigenthümliche und für unseren

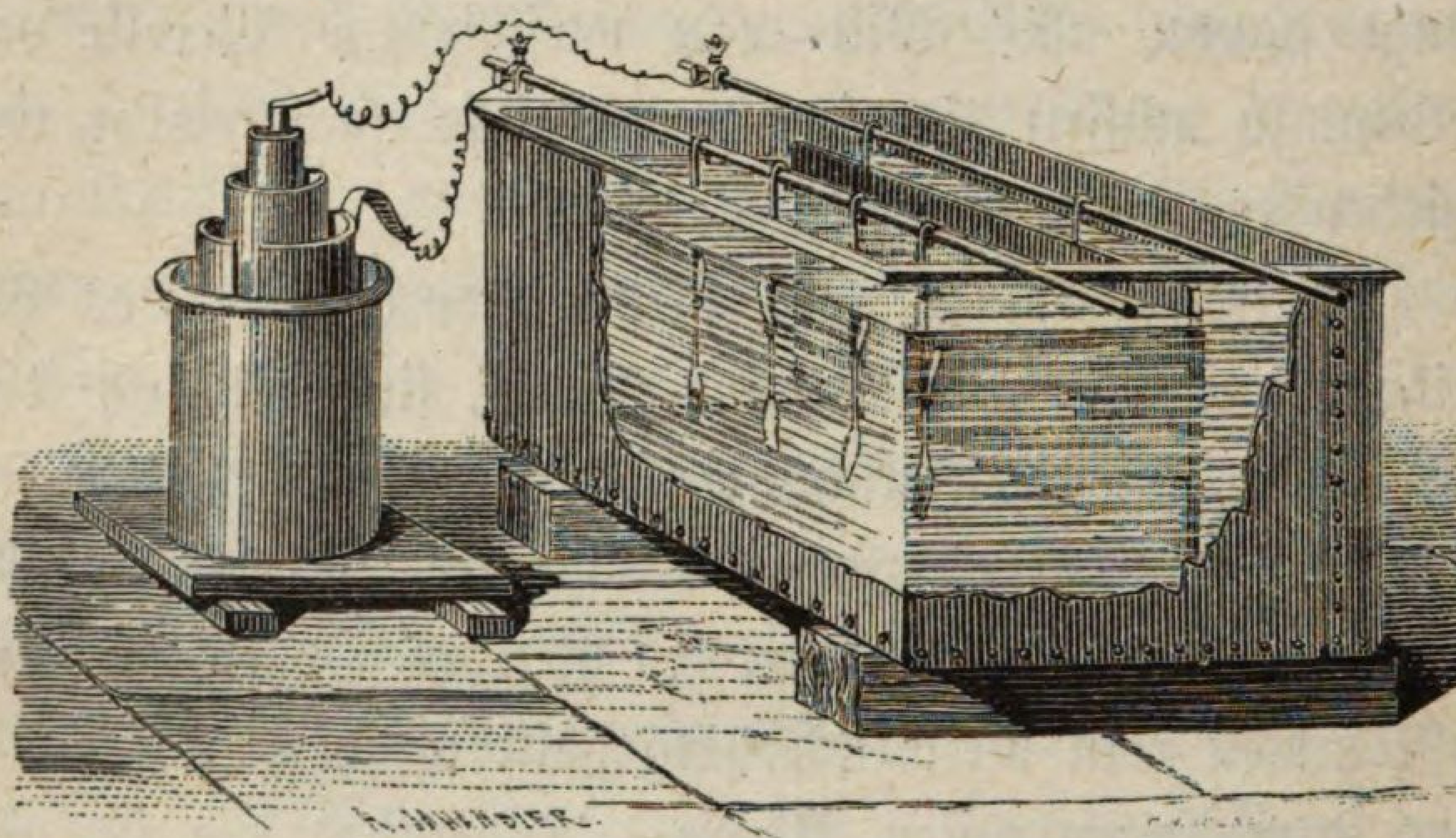


Fig. 106.

Fall sehr wichtige Zersetzungen. Schon Volta hatte gefunden, daß der galvanische Strom die Metallsalze zersetzt und das eine Metall am negativen Pole ablagert. Es wird also auch in unserm Bade die Goldsalzlösung durch den Strom zersetzt, das Gold lagert sich auf den am negativen Pole befindlichen Objecten ab und diese werden vergoldet.

In dem Maaße als sich Gold niederschlägt, würde das Bad schlechter werden d. h. es würde immer weniger und weniger Gold enthalten.

Würde man also keine Vorsichtsmaßregeln treffen, so würde der galvanische Niederschlag anfangs rascher vor sich gehen, dann aber allmählig aufhören. Um dies zu vermeiden, ist am positiven Pole das Goldblättchen in das Bad eingehängt; in dem Maaße als durch die Niederschläge das Bad goldärmer würde, löst sich am positiven Pole Gold wieder auf und zwar die gleiche Menge, welche am anderen Pole ausgeschieden wurde.

Ist die Goldschichte auf den zu vergoldenden Objecten hinreichend dick, so nimmt man dieselben aus dem Bade heraus. Die Vergoldung ist aber jetzt noch matt und die Objecte müssen deshalb schließlich noch polirt werden.

Die galvanische Versilberung unterscheidet sich dem Wesen nach in Nichts von der Vergoldung; nur muß selbstverständlich als Bad die Lösung einer Cyanverbindung mit Silber benützt und anstatt des Goldstreifens diesmal ein Silberstreifen am positiven Pole eingehängt werden.

Das Versilbern auf galvanischem Wege gelingt übrigens viel leichter als das Vergolden. Da, wie wir sahen, die Schönheit des Niederschlages von der Reinheit der Oberfläche der zu vergoldenden Objecte wesentlich abhängt, so kommt es häufig vor, daß man dieselben vorerst versilbert und dann erst in das Goldbad bringt.

Die Verwerthung der galvanischen Vergoldung und Versilberung ist gegenwärtig eine ungemein ausgedehnte: wir speisen fast in keinem Hotel mehr mit massiven silbernen Löffeln, alle sind blos auf galvanischem Wege an der Oberfläche versilbert.

Die umfangreichsten Arbeiten in Bezug auf galvanische Vergoldung wurden wohl von dem Herzog Max von Leuchtenberg in Reval ausgeführt. Es sollten nämlich die für Säulen an der Jacobskirche zu St. Petersburg bestimmten, aus Bronçe gegossenen Füße und Kapitäle, deren Gesammtgewicht 576 Centner betrug, vergoldet werden. Die Höhe der größten Kapitäle betrug 4 Fuß 8 Zoll, der Durchmesser der meisten Füße 3 Schuh 8 Zoll. Dazu waren Gefäße für das Goldbad nöthig, deren jedes 5000 Quart Goldlösung enthielt. Diese Gefäße waren paarweise um einen großen, beweglichen Krahn gestellt, mit welchem die Bronçestücke an kupfernen Ketten in das Bad gebracht und wieder ausgehoben werden konnten. In jedem Quart Goldlösung befanden sich 8 — 10 Gramm Gold und es wurden 20 — 50 Pfd. Gold an einem Tage aufgelöst; in den drei Jahren, während welcher die Arbeiten ausgeführt wurden, betrug der Verbrauch an Gold mehr als 560 Pfund.

Galvanische Verkupferung.

Die Galvanoplastik soll nicht allein dazu dienen, ein bereits gegebenes Object mit einer Schichte von Gold, Silber oder Kupfer zu überziehen, man beabsichtigt auch noch ein gegebenes Modell beliebig oft in der Weise zu reproduciren, daß man neue Objecte von genau der gleichen Form erhält.

Der einfache Kupferniederschlag wird unter den gleichen Bedingungen und nach denselben Regeln wie der Gold- oder Silberniederschlag erzeugt; man wendet

ihn häufig an, wenn es sich darum handelt, das feste Anhaften des edlen Metalles zu erleichtern.

Der Kupferüberzug in dicken Schichten auf einem Modell wird nach Verfahrungsweisen hergestellt, die nach dem Vorhergehenden leicht verständlich und ebenso leicht ausführbar sind.

In allen Fällen, wo man einen beliebigen Gegenstand mit der größtmöglichen Genauigkeit reproduciren will, nimmt man zur Galvanoplastik seine Zuflucht.

Daher kommt es denn auch, daß dieselbe fast für alle anderen Künste zu Hilfe genommen wird: man benützt sie um Statuen, Bas-Reliefs zu reproduciren, um Candelaber, Springbrunnen und öffentliche Monumente herzustellen, um Holzstöcke, Kupferstichplatten und Buchdruckerlettern zu conserviren, kurz, unzählige Anwendungen lassen sich davon machen.

Der Apparat, dessen man sich bedient, um die beliebig dicken Kupferschichten herzustellen, ist weiter nichts als ein eigenthümlich zusammengestelltes, galvanisches Element. In einen Trog von Glas, Thon oder Holz (welcher mit Pech ausgekittet ist) bringt man eine gesättigte Lösung der blauen Kupfervitriolkrystalle, wie man sie auch bei der Daniell'schen Batterie verwendet. In dieses Kupferbad, in welches das zu verkupfernde Stück eingehängt wird, stellt man eine gewöhnliche poröse Thonzelle, die mit stark verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist und einen amalgamirten Zinkkolben enthält. Man hat also ein completes Daniell'sches Element mit dem Unterschiede, daß der Trog, welcher die Kupfervitriollösung enthält, sehr groß ist. Wird die zu verkupfernde Form in das

Bad an einem Kupferdrahte eingehängt, so bildet dieser den positiven Pol und man hat blos nöthig, denselben mit dem Ende des Zinkkolbens in der Thonzelle durch einen Metalldraht zu verbinden, um den Strom herzustellen. Sobald der Strom aber geschlossen ist, beginnt das metallische Kupfer auf der Form sich niederzuschlagen und das Bad würde allmählig schwächer werden, wenn man nicht, um die Lösung beständig im Sättigungszustande zu erhalten, Krystalle von Kupfervitriol in kleinen Säckchen hineinhängen würde; die Krystalle lösen sich dann in dem Maaße auf als Kupfer auf der Form niedergeschlagen wird und die Lösung bleibt beständig gesättigt.

Man sieht, wie ungemein einfach dieser Apparat ist; er ist zugleich Batterie und Bad und Jedermann, der galvanoplastische Versuche anstellen will, kann sich denselben um wenige Groschen anschaffen.

Hängt man das abzuformende Object selbst in das Bad ein, so muß dasselbe, falls es nicht schon ohnehin aus Metall besteht, mit einem Ueberzuge von feinem Graphit, der ein guter Leiter für den Strom ist, oder Bronçepulver versehen werden.

Man erhält dann aber alle Stellen, die im Originale vertieft sind, erhöht und umgekehrt, man hat eine sogenannte Matrize, die erst neuerdings in das Bad eingehängt werden muß, wenn man eine genaue Copie des Originales erhalten soll.

Will man dieses doppelte Abformen umgehen oder will man das Original überhaupt nicht in das Kupferbad bringen, so stellt man sich als Matrize eine sogenannte Form her. Diese Form muß aus einem feinen

Stoffe bestehen, der im Stande ist, alle auch die feinsten Details des Originales wiederzugeben; man nimmt dazu Wachs oder Guttapercha, auch Gypsabgüsse, die übrigens noch in heißem Wachs getränkt werden müssen, sind vielfach angewendet worden.

Bevor die Form in das Bad eingehängt wird, muß sie mit einem gut leitenden Ueberzuge versehen werden, wozu man wieder feinen Graphit oder Bronçepulver verwendet. Diejenigen Theile der Form, an welchen sich kein Kupfer niederschlagen soll, überzieht man noch mit einem nicht leitenden Firniß oder Wachs.

Die richtige Herstellung der Formen ist der delicateste und auch der wichtigste Theil der Galvanoplastik. „Wie die Form, so der Niederschlag" darin stimmen alle Industriellen und Gelehrten überein, welche sich um die Vervollkommnung der Galvanoplastik verdient gemacht haben.

Will man ein rundes Modell auf galvanoplastischem Wege abformen, so muß man verschiedene Vorsichtsmaßregeln beobachten. Bei Statuen und ähnlichen Objecten kommt es nämlich vor, daß, wenn man den galvanoplastischen Niederschlag des Ganzen auf einmal herstellen würde, es unmöglich wäre, denselben ohne Verletzung vom Originale wieder zu trennen. In solchen Fällen muß man das Ganze zweckmäßig in einzelne Theile zerlegen, für jeden Theil eine besondere Form und einen besonderen galvanoplastischen Niederschlag herstellen und diese Theile schließlich auf die gewöhnliche Weise wieder vereinigen. So wurde z. B. das Guttenbergdenkmal in Frankfurt am Main durch G. L. v. Kreß hergestellt.

Dieses Monument trägt drei colossale Hauptstatuen — Fust, Schäffer und Guttenberg -- nebst einer Menge

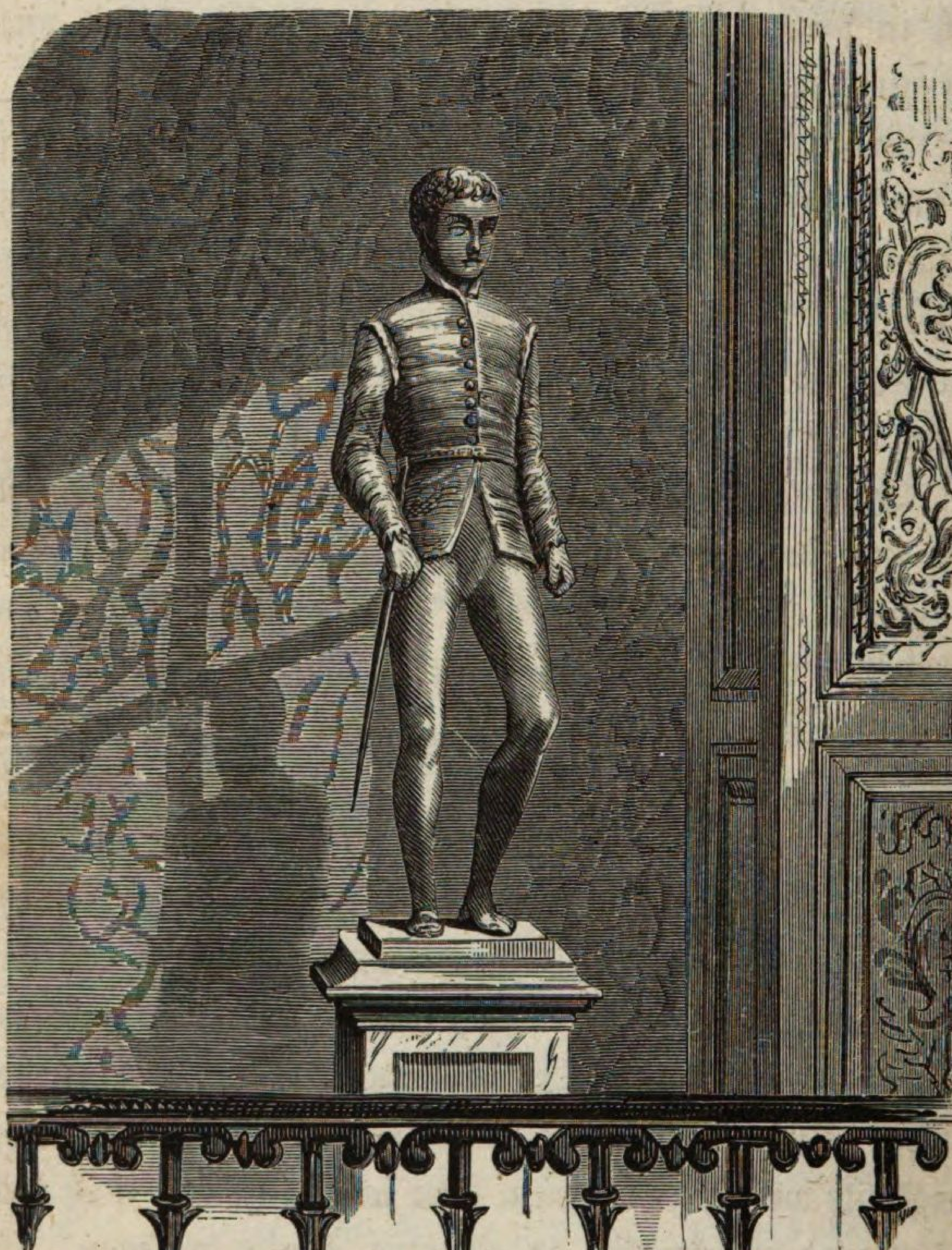


Fig. 107.

kleinerer Details, die alle auf galvanoplastischem Wege abgeformt wurden. Fig. 107 zeigt die auf gleiche Weise

ausgeführte Statue des Königs Heinrich IV. als Knaben, deren Original im Louvre zu Paris aufgestellt ist. Auch die Trajanssäule wurde in dem Etablissement von Oudry zu Auteuil bei Paris copirt, nachdem vom Originale in Rom die Formen abgenommen worden waren.

Zum Dank für die Besiegung und Unterwerfung der räuberischen Dacier ließ nämlich der römische Senat dem Besten aller Kaiser ein prachtvolles Forum erbauen, auf welchem jene bekannte Säule errichtet wurde.

Am Anfange erhob sich auf ihr das Standbild Trajan's, später aber ließ ein Papst das Monument des Apostel Paulus an dessen Stelle setzen. Die Oberfläche der Säule ist über und über mit Sculpturen bedeckt, welche die Hauptereignisse der Trajanischen Kriege zum Gegenstande haben, und nicht nur ihrer künstlerischen Ausführung wegen, sondern ganz besonders durch die historischen Ueberlieferungen, die sie uns über Kleidung, Bewaffnung ꝛc., überhaupt über Sitten und Gebräuche der Römer und ihrer Hilfsvölker, als auch der von ihnen unterjochten Barbaren geben, eines der werthvollsten Materialien für das Studium der Kulturentwickelung geworden sind.

Die Säule hat eine Höhe von 124 Fuß und ist aus 33 Marmorblöcken zusammengesetzt, von denen 8 den Sockel, 23 den Schaft, einer das Kapitäl und einer das Fußgestell der Figur bilden. Diese Blöcke sind alle in der Mitte wie ein Mühlstein durchbrochen und durch die senkrechte Oeffnung führt eine Wendeltreppe auf die Plattform hinauf. Die Außenwand trägt die Bildhauerarbeit, welche sich schraubenförmig in 20 aufsteigenden

Windungen in die Höhe zieht. Unten ist die Höhe der Figuren zwei Fuß, am oberen Theile, welcher vom Beschauer entfernter liegt, vier Fuß.

In dem bedeutenden Etablissement des Herrn Oudry, welches jährlich gegen 1000 Centner schwefelsaures Kupferoxyd und an 2400 Centner Zink verbraucht, werden auch die eisernen Candelaber für die Gasbeleuchtung auf den Straßen, Springbrunnen und ähnliche Gegenstände mit einem galvanoplastischen Kupferüberzuge im großartigsten Maaßstabe ausgeführt (Fig. 108).

Eine Kupferstichplatte 'hält bekanntlich nicht sehr viele gute Abdrücke aus; man hat deshalb, da der Stahlstich beträchtliche technische Schwierigkeiten bietet, auch hier die Galvanoplastik zu Hilfe genommen. Man stellt nämlich von der Originalkupferstichplatte nach dem oben angegebenen Verfahren mehrere genaue Copien her, welche dann zum Drucken verwendet werden. Das Original bleibt unversehrt und man ist im Stande, beliebig viele gute Abdrücke desselben zu erhalten.

Ausgedehnte Anwendung von diesem Mittel, kostbare Originalplatten zu schonen, macht man in den Landkartenfabriken, sowie in allen großen Druckereien. Holzstöcke werden gleichfalls jetzt allgemein auf galvanoplastischem Wege als sogenannte Cliché's vervielfältigt. Ebenso ist der Schriftgießer in den Stand gesetzt, von jedem gegossenen Buchstaben eine kupferne Matrize galvanoplastisch herzustellen und in derselben den Buchstaben beliebig oft auf's Neue zu gießen, wodurch das Stempelschneiden in Stahl erspart wird. Dasselbe Verfahren wird für Einfassungen, Vignetten und überhaupt Ver-

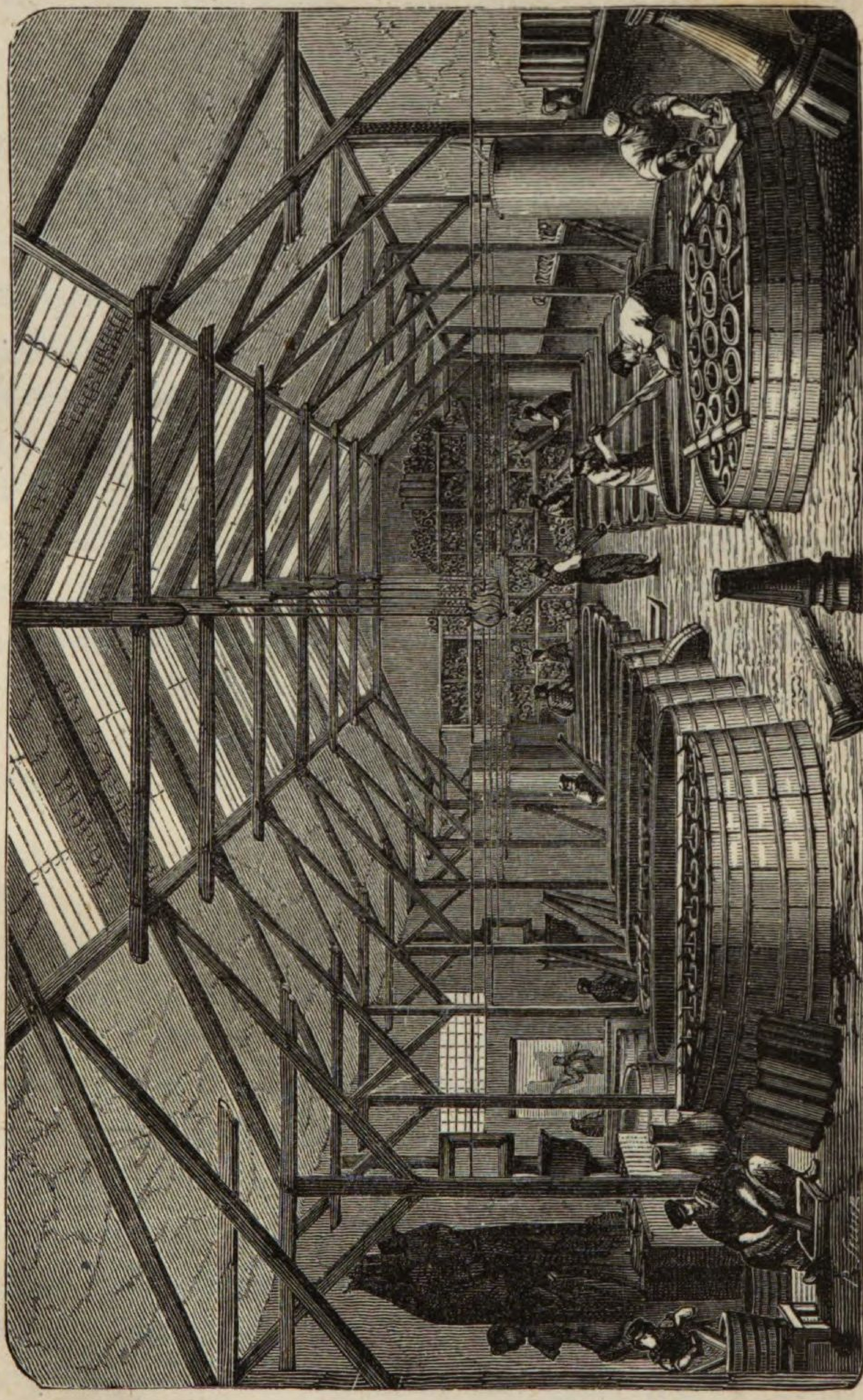


Fig. 108.

zierungen angewendet. Die Stereotypplatten werden auf der Druckseite mit einer dünnen, fest haftenden Schicht von galvanisch niedergeschlagenem Kupfer versehen, wodurch ihre Dauerhaftigkeit beträchtlich erhöht wird.

Unter dem Namen „Galvanographie" hat Professor v. Kobell in München ein Verfahren angegeben, welches gestattet, in Tuschmanier gemalte Bilder auf galvanischem Wege zu vervielfältigen. Auf eine versilberte Kupferplatte werden mit einer eigens präparirten Farbe die Bilder so gemalt, daß die hellsten Lichter frei bleiben und die Farbe um so dicker aufgetragen wird, je dunkler ein Schatten werden soll. Das so gemalte Bild wird mit einer feinen Graphitschichte überzogen und in den galvanoplastischen Apparat eingesetzt. Man erhält dann einen Niederschlag, bei welchem die Lichtparthien eben, die Schattenparthien vertieft sind; man hat also eine Platte, die zum Drucke sogleich verwendet werden kann

---

Wir haben noch einer chemischen Wirkung des galvanischen Stromes Erwähnung zu thun, welche bereits in der Industrie eine ausgedehnte Verwendung gefunden hat, nämlich der electrochemischen Färbung. Alle unsere Leser kennen die schönen regenbogenartigen Färbungen an Leuchtern, Tischglocken ꝛc. Diese Farben werden erzeugt, indem man eine wohl polirte, metallische Oberfläche — namentlich auch versilbertes oder vergoldetes Porzellan — in eine bestimmte Flüssigkeit einsenkt und dieselbe durch einen galvanischen Strom zersetzt. Bringt

man nämlich einer solchen metallischen Fläche, die mit dem einen Pole einer hinreichend starken Batterie verbunden ist und sich in der bestimmten Flüssigkeit befindet einen in eine Glasröhre eingeschmolzenen und mit dem anderen Batteriepole verbundenen Platindraht hinreichend nahe, so bilden sich durch die Zersetzung der Flüssigkeit um die Spitze des Drahtes herum concentrische, farbige Ringe, welche im Jahre 1826 von Nobili entdeckt und nach ihm die Nobili'schen Ringe genannt wurden. Diese Ringe fallen verschieden aus, je nachdem man den genannten Platindraht mit dem positiven oder negativen Pole der Batterie verbindet. Als Flüssigkeit gebraucht man gewöhnlich eine Lösung von Bleizucker oder Manganoxydul. Becquerel hat diesen Verfahrungsweisen eine solche Ausdehnung und Vervollkommnung gegeben, daß sie, wie erwähnt, als Industriezweig ausgebeutet werden konnten.

10. Electrische Zündungen.

Als im Jahre 1870 der Krieg gegen Frankreich begonnen hatte, war es bekanntlich eine der ersten Thaten der Deutschen, daß der große Eisenbahnviaduct bei Hagenau, das damals noch von den Franzosen besetzt war, gesprengt und dadurch dessen Benützung unmöglich gemacht wurde. Ferner erinnern sich noch unsere Leser an die allgemeine Entrüstung, welche die Sprengung einer Mine beim Einzuge der Deutschen in Laon, nachdem dasselbe capitulirt hatte, hervorrief.

Rings um jede Festung befindet sich eine zweckmäßig angelegte Reihe von Minenöfen, welche den Zweck haben, den herannahenden Feind zu vernichten, bevor es ihm gelingt, den Festungswerken sich zu weit zu nähern.

Zu diesen Vertheidigungsmitteln gehören auch die Torpedos, womit im Seekriege die Schiffe vernichtet werden und die jetzt auf dem Lande gleichfalls und zwar namentlich als sogenannte Tritt-torpedos Verwendung finden. Tritt nämlich der herannahende Feind auf solche für ihn nicht wahrnehmbar gelegte Pulverladungen, so entzündet er dieselben und richtet sich auf solche Weise selbst zu Grunde.

Allein nicht blos für Kriegszwecke sind solche Zündungen von Pulverladungen von Wichtigkeit, auch die Arbeiten des Friedens werden durch sie gefördert. So benützt man dieselben zum Sprengen von Felsen, um Straßen und Eisenbahnen anlegen zu können oder Flüsse zu reguliren, zum Betriebe des Bergbaues, bei Arbeiten in Steinbrüchen u. dgl.

Bis in die neuere Zeit herauf hat man diese Zündungen mittelst mechanischer Methoden ausgeführt, die jedoch alle mit großen und schwer zu beseitigenden Gefahren und sonstigen Nachtheilen verbunden waren. Diese Uebelstände können beseitigt werden, wenn man sich electrischer Wirkungen bei den Zündungen bedient und wir wollen sogleich ein paar Beispiele anführen, welche zu beweisen im Stande sind, daß es sich bei den electrischen Zündungen nicht etwa blos um Versuche im Kleinen handelt, sondern daß sie sich bereits im großartigen Maßstabe bewährt haben.

So erhielt Lyon bei einer gleichzeitigen Sprengung von drei Bohrlöchern eine Masse Mauerwerk von 150 Tonnen (3000 Centner).

Bei der zur Anlegung einer Eisenbahn vorgenommenen Sprengung des Round-Down-Felsens wurden mittelst 18000 Pfd. Pulver und unter Anwendung von drei Volta'schen Batterien ungeheure Felsenmassen abgesprengt, indem nach einer beiläufigen Berechnung die abgelösten Kreidefelsen 291666 Kubik-Yards betrugen, wobei ein Kubik-Yard das Gewicht von 40 englischen Centnern hatte. Von diesen ungemein großen Massen wurden 50000 Kubik-Yards behufs der Herstellung der Straßen wegge-

räumt, und hätte man diese Sprengung durch die Arbeiter auf gewöhnlichem Wege ersetzen wollen, so wäre nach Cubitt's Angabe hiezu eine Zeit von sechs Monaten nöthig gewesen, und die Kosten dieser Operation hätten mindestens 7000 Pfd. Sterling betragen.

In den Downhill-Tunnels der Londonderry- und Coleray-Eisenbahn betrug die Größe der mittelst zweier Bohrlöcher und unter Anwendung einer aus 18 Daniell'schen Elementen zusammengesetzten Kette durch Entzündung von 3000 Pfd. Pulver abgesprengten Masse beiläufig 30000 Tonnen — 600000 Centner. — Solche Wirkungen können auf gewöhnlichem Wege nicht erlangt werden, ja es können sogar derartige Arbeiten ohne beträchtlichen Kostenaufwand gar nicht durchgeführt werden.

Das Wesen der electrischen Zündung besitzt einige Analogie mit dem Telegraphen. Wie man nämlich beim Telegraphiren an einem entfernten Orte magnetische oder chemische Wirkungen erzeugt, so werden hier in ganz analoger Weise die electrischen Wärmewirkungen hervorgerufen. Man übersieht deßhalb sogleich, daß man für eine electrische Zündung nöthig hat:

1) einen zweckmäßig eingerichteten Zündapparat — entsprechend dem Manipulator beim Telegraphen,

2) eine in geeigneter Weise angelegte Leitung,

3) einen brauchbaren Zünder, welcher dem Receptor beim Telegraphen entspricht und gewöhnlich die Patrone genannt wird.

Der Zündapparat.

Schon im vorigen Jahrhunderte hat man unvollkommene Versuche angestellt, bei welchen der Funken der Electrisirmaschine an einen entfernten Ort geleitet wurde, um hier eine Zündung zu veranlassen.

Diese Versuche wurden in der Neuzeit wieder aufgenommen und namentlich war es v. Ebner in Wien, welcher die Winter'sche Electrisirmaschine zu diesem Zwecke brauchbar einrichtete.

Trotzdem man aber den ganzen Apparat in ein luftdicht schließendes Gehäuse brachte und sogar mit einem kleinen Ofen zum Erwärmen versah, bot diese Einrichtung doch nicht die nöthige Sicherheit, welche besonders für militärische Zwecke, wo in den meisten Fällen die Zündung gerade in dem richtigen Momente ausgeführt werden soll, erforderlich ist. Man hat deshalb gegenwärtig die Electrisirmaschinen gänzlich verlassen und die Wärmewirkungen galvanischer Ströme zu Hilfe genommen.

Auch in diesem Falle kann man wieder verschiedene Methoden anwenden: entweder bringt man an dem Orte, wo die Zündung stattfinden soll, einen Draht zum Glühen oder man läßt daselbst einen Funken überschlagen, dessen erwärmende Wirkungen zum Zünden benützt werden.

Will man einen Draht zum Glühen bringen, so geschieht dies am geeignetsten mittelst einer großen galvanischen Batterie. Für eine zu diesem Zwecke eingerichtete Batterie ist nicht etwa eine sehr große Constanz erforderlich, man muß vielmehr in ihr in dem Momente, wo die Zündung erfolgen soll, eine sehr große electromotorische

Kraft zur Entwickelung bringen können. Man hat jedoch auch diese Methode, mittelst eines glühenden Drahtes zu zünden, gegenwärtig fast ganz verlassen und benützt ausschließlich den Funken, welchen inducirte Ströme liefern.

Nachdem Rühmkorff die electromagnetische Inductionsrolle auf eine sehr hohe Wirkung gebracht hatte, suchte man dieselbe auch für Zündungen zu verwerthen und gab dem Apparate eine besondere Einrichtung für diesen Zweck. Als jedoch die Magnetinductionsmaschinen in der Neuzeit wesentliche Verbesserungen erfuhren, wurden diese allgemein als Zündapparate eingeführt. Hier ist besonders ein Apparat hervorzuheben, der sich in vieler Hinsicht vor allen anderen auszeichnet, es ist dies der magnetelectrische Zündapparat von Breguet, den die folgende Fig. 109 darstellt.

Breguet hat dabei die Erscheinung benützt, daß wenn man um die Pole eines kräftigen Hufeisenmagneten Inductionsspiralen windet und an den Magnet einen Anker plötzlich anlegt oder plötzlich davon entfernt, daß dann ein Strom in den Drahtspiralen inducirt wird. N O S bezeichnet in der Figur einen kräftigen Magneten, an dessen Pole N und S weiche Eisenkerne mit den Drahtspiralen E E angeschraubt sind; die Enden dieser Spiralen führen durch die Leitung zum Zünder. Für gewöhnlich liegt an den Eisenkernen, die blos die vorgeschobenen Magnetpole bilden, der Anker A A an. Wird derselbe mittelst des Knopfes B abgerissen, so wird gleichsam in dem nämlichen Moment der Magnetismus der Pole erst zum Entstehen gebracht und dadurch ein kräftiger Inductionsstrom erzeugt. Legt man den Anker

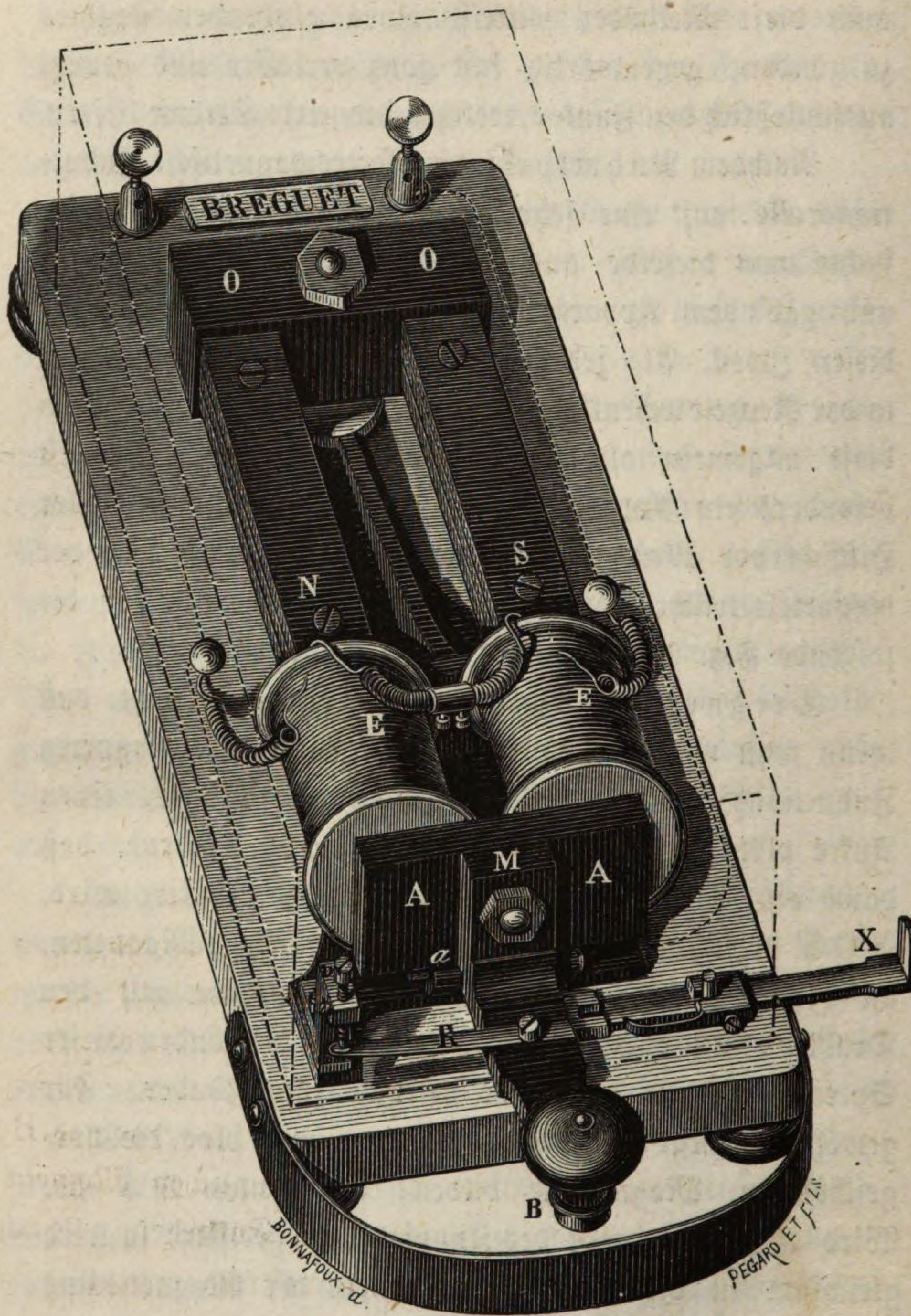


Fig. 109.

A A wieder an, so verschwindet gleichsam der Magnetismus der Pole wieder, wir haben einen Inductionsstrom von entgegengesetzter Richtung, der wieder wie der erste durch die Leitung zur Zündpatrone geht.

Der Breguet'sche Apparat hat nun vor anderen Zündapparaten folgende Vortheile. Er ist ungemein leicht — sein Gewicht beträgt blos 13 Pfd., — er ist, da er sich bis auf den Knopf B in einem verschließbaren Kasten befindet, keinerlei Beschädigung ausgesetzt, die ganze Manipulation des Apparates besteht in einem kräftigen Schlage auf den Knopf B, wodurch der Anker A A vom Magneten abgerissen und durch eine starke Feder sogleich wieder an die Magnetpole zurückgezogen wird.

Ein Zündapparat von vorzüglicher Wirkung wurde von Siemens nach den Principien der bereits früher (Seite 262) erwähnten dynamoëlectrischen Maschine construirt. Wir haben wieder einen doppelschenkeligen Electromagneten, zwischen dessen Polen ein Siemens'scher Inductor in rasche Rotation versetzt werden kann. Durch den Electromagnetdraht wird am Anfange ein galvanischer Strom hindurchgesendet, so daß in den Eisenkernen remanenter Magnetismus zurückbleibt. Dann werden die Enden des Electromagnetdrahtes mit den Enden des Drahtes im Inductor verbunden. Wird dieser gedreht, so werden ganz in der gleichen Weise, wie wir es früher auseinandergesetzt haben, Inductionsströme erzeugt, die immer mehr und mehr an Stärke zunehmen. Sind die Inductionsströme so hinreichend stark geworden, so wird durch eine eigene Unterbrechungsvorrichtung der Schließ-

ungskreis unterbrochen und der letzte Inductionsstrom durch die Leitung zur Patrone geführt, worauf dann die Zündung erfolgt.

Die Leitung.

Zwischen dem Zündapparate und dem Zünder muß — wie beim Telegraphen zwischen dem Manipulator und dem Receptor — eine wohl isolirte Leitung hergestellt werden. Da es sich hier nie um beträchtliche Entfernungen handelt, so verwendet man für diese Leitung Kupferdraht, der durch Guttapercha hinreichend isolirt wird. Von der Erdleitung macht man gleichfalls wegen der geringen Entfernung in der Regel keinen Gebrauch.

Der Zünder.

An dem Orte, wo die Zündung vorgenommen werden soll, befindet sich zunächst eine entsprechend starke Pulverladung, durch welche die Leitung mit den in sie eingeschalteten Zündpatronen hindurchgeführt wird.

Die Wärmewirkung eines durch den Strom glühend gemachten Drahtes oder des Funkens würde jedoch nicht ausreichen, die Explosion des Pulvers zu veranlassen; man muß deshalb an dem Orte, wo der Draht glüht oder der Funken überschlägt, einen ungemein leicht entzündlichen Stoff anbringen, diesen zuerst entflammen und dadurch die Explosion der Pulverladung bewirken.

Die Zahl der theils vorgeschlagenen, theils wirklich zur Anwendung gekommenen Patronen ist ungemein groß. Als Typus wollen wir die Breguet'sche Patrone betrachten, welche eine Nachbildung des Ebner'schen Zünders ist.

Dieselbe besteht (Fig. 110) aus einer starken Messinghülse, in welche ein hohlcylindrischer Holzpfropf eingeschraubt ist. Durch diesen geht eine in die Leitung eingeschaltete Kupferdrahtschlinge, welche in ihrer Mitte eine kleine Unterbrechungsstelle zum Ueberschlagen des Funkens enthält.

Die Drahtenden gehen aus der Patrone heraus und sind in den Holzpropf durch Schwefeleinguß befestigt. Die um die Unterbrechungsstelle bleibende kleine Höhlung ist mit dem leicht entzündlichen Stoff, dem sogenannten Zündsatze ausgefüllt, endlich das vordere Ende mit einem massiven Holzpropf verschraubt und beide Enden der Patrone mit Gyps gedichtet. Schlägt nun ein Funken an

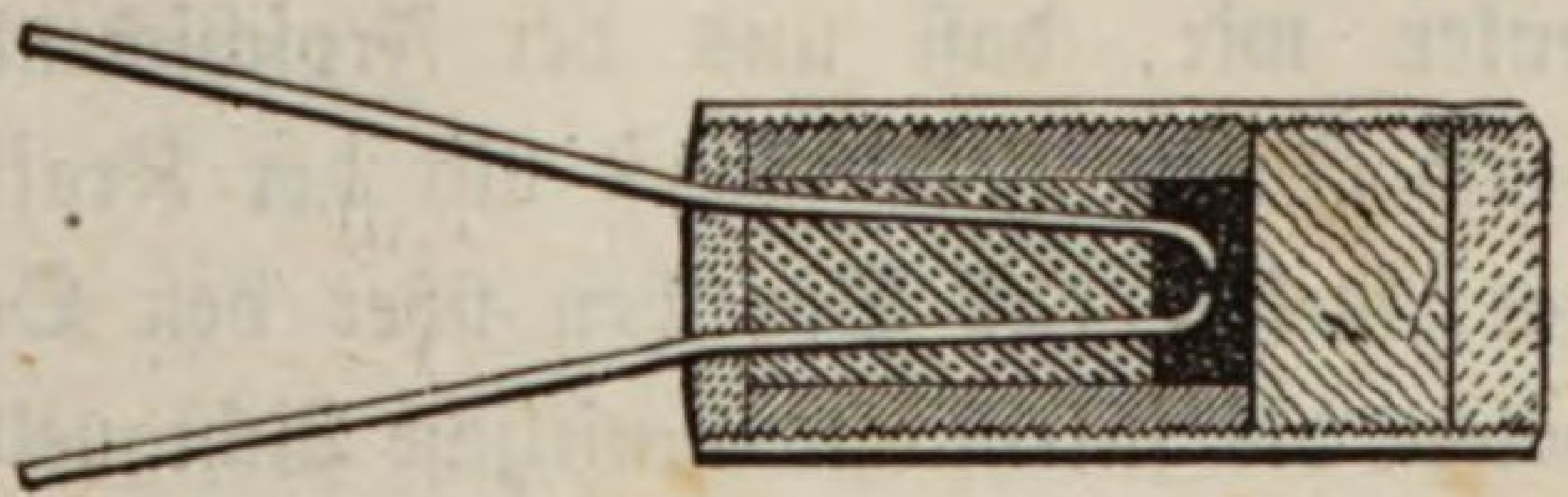


Fig. 110.

der Unterbrechungsstelle über, so wird der Zündsatz entzündet und das Pulver explodirt.

Der gewöhnliche Zündsatz ist eine Mischung von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon. Der empfindlichste Zündsatz ist der, welchen Abel bei seinen Patronen zur Anwendung gebracht hat; er besteht aus unterphosphorigsaurem Kupfer (10 Theile), unterschwefligsaurem Kupfer (45 Theile) und chlorsaurem Kali (15 Theile).

Soll die Zündung mittelst eines durch den Strom glühend gemachten Drahtes bewerkstelligt werden, so muß selbstverständlich die Patrone eine andere Einrichtung

bekommen. Durch den Zündsatz, der sich wieder in einer passenden Hülse befindet, wird ein feiner Platindraht gezogen, dessen Enden ebenso wie die Drahtschlinge bei den Patronen für Funkenzündung in den Schließungskreis des galvanischen Stromes — die Leitung — eingeschaltet werden.

In den vorstehenden Blättern haben wir unseren Lesern ein Bild zu entrollen versucht von den hauptsächlichsten Anwendungen, welche man bisher von dem galvanischen Strome gemacht hat.

Bedenken wir, daß uns der Froschschenkelversuch Galvani's im Jahre 1790 zuerst mit der Kraft bekannt gemacht hat, welche das Sprechen über den Ocean vermittelt, welche die intensivste künstliche Lichtquelle liefert, die in jeder Buchdruckerei nutzbar gemacht wird, deren wir uns im Kriege zur Abwehr des Feindes, sowie bei Herstellung großartiger Friedensbauten bedienen können, gewiß wir dürfen unserem Jahrhunderte Glück wünschen zu solchen Errungenschaften und können den Männern, welche an dem Aufbau dieses großen Werkes in so kurzer Zeit mitgewirkt haben, unsere Bewunderung nicht versagen.



Kgl. Hofbuchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn in München.